

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**

**DIFERENÇAS MORFOFISIOLÓGICAS DO TRATO  
GASTROINTESTINAL DE TAINHAS *Mugil liza* PROVENIENTES  
DE CRIAÇÃO E DO AMBIENTE**

**DANIELA LEMES DA COSTA**

**FURG**  
**RIO GRANDE, RS**  
**2017**

**DIFERENÇAS MORFOFISIOLÓGICAS DO TRATO GASTROINTESTINAL DE  
TAINHAS *Mugil liza* PROVENIENTES DE CRIAÇÃO E DO AMBIENTE**

DANIELA LEMES DA COSTA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Aquicultura no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande

Orientador: Dr. Marcelo B. Tesser  
Co-orientador: Dr. Luís Alberto Romano

RIO GRANDE, RS  
JULHO/ 2017

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## Sumário

RESUMO .....	V
INTRODUÇÃO GERAL .....	6
DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE .....	6
DISTRIBUIÇÃO E CICLO DE VIDA.....	7
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	9
CRIAÇÃO DE TAINHA .....	11
MORFOLOGIA DO TRATO.....	13
PLASTICIDADE E RESPOSTA À DIETA.....	14
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVO GERAL .....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
<i>CAPITULO ÚNICO: Artigo científico da presente dissertação para submissão em periódico internacional.</i> .....	24
Resumo.....	25
Introdução.....	27
Materiais e métodos.....	28
Animais utilizados e suas origens .....	28
Dissecação e aferições .....	29
Morfometria .....	29
Análise de pH.....	29
Análises histológicas.....	30
Análises estatísticas.....	30
Resultados .....	30
Morfometria .....	30
pH gastrointestinal .....	31
Histologia.....	32
Discussão.....	35
Conclusões .....	41
Referências bibliográficas .....	42

## RESUMO

A tainha apresenta um trato gastrointestinal sofisticado, o que lhe permite aproveitar alimentos nutricionalmente pobres. Devido ao trato ser modulado pelos diferentes tipos de alimentos disponíveis no meio, o objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações morfofisiológicas do trato digestório de tainhas, *Mugil liza*, provenientes de diferentes ambientes. Foram utilizados 20 exemplares de *M. liza*, sendo cinco provenientes da praia do Cassino (PC), 10 da Lagoa dos Patos (LP), destes cinco foram mantidos por 147 dias em sistema de recirculação (LP-RAS) e cinco de tanque rede (RAS-TR). Os organismos da LP-RAS foram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial com 38% de PB e os de RAS-TR com 42% de PB. Todas as tainhas foram eutanasiadas com benzocaína (500 mg/L) e logo após os organismos da PC, LP e RAS-TR foram transportados até o laboratório em isopor com água+gelo (temperatura <4°C). Foram analisados o peso, comprimento total, quociente intestinal (QI), índice estomacal (IE), índice de conteúdo estomacal (ICE), pH do trato e distribuição de células caliciformes nos cecos e intestino. Os exemplares do ambiente apresentaram um QI, IE e ICE estatisticamente maior que o de cativeiro. O pH estomacal dos peixes RAS-TR foi mais ácido em relação aos da PC, sendo que os tratamentos LP e LP- RAS permaneceram em uma condição intermediária. A partir dos cecos não houve diferença no pH entre as diferentes origens, exceto no intestino médio. Foi verificado maior número de células caliciformes no intestino distal e cecos pilóricos, seguido do intestino proximal e intestino médio. Os dados sugerem que as alterações morfofisiológicas são adaptações moduladas pelo grau de facilidade de digestão e absorção dos nutrientes que cada alimento contém devido a sua composição, de modo que as rações por serem assimiladas mais rápido, tendem a reduzir o peso do estômago e a área de absorção do intestino. Além disso, acredita-se que a presença de alimentos mais proteicos aumenta a liberação de suco gástrico reduzindo o pH estomacal. O maior número de células caliciformes foi verificado justamente nos locais onde há necessidade de aumentar a absorção, lubrificação e proteção do epitélio

Palavras chaves: plasticidade, confinamento, fisiologia, moela, morfologia, mugilídeos

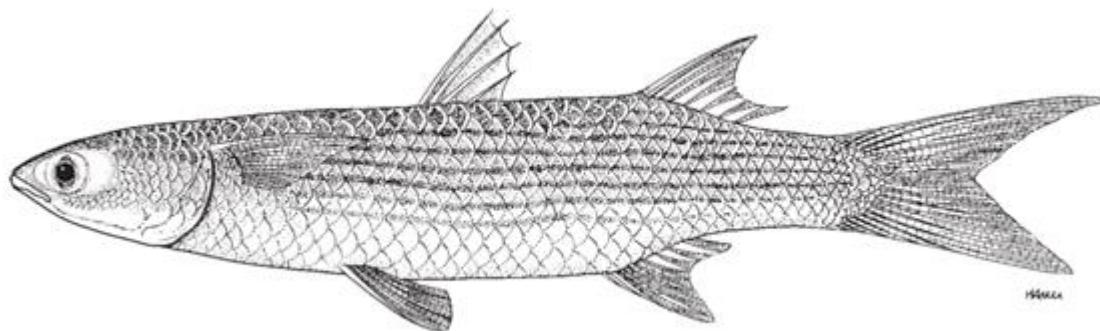
## INTRODUÇÃO GERAL

### 1        **DESCRICÃO DA ESPÉCIE**

2        A tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836, pertence à família Mugilidae, ordem dos  
3        Mugiliformes atualmente composta por 20 gêneros e 71 espécies (GONZÁLEZ-CASTRO  
4        & GHASEMZADEH, 2016), *Mugil* é o único que ocorre no litoral brasileiro com sete  
5        espécies (MENEZES et al., 2015). A identificação e caracterização adequada das espécies  
6        de tainhas que ocorrem na região do Atlântico do sul do Caribe até América do Sul é um  
7        pré-requisito para a compreender as semelhanças e suas diferenças morfológicas, visto que  
8        algumas espécies dessas localidades já foram classificadas erroneamente por serem  
9        similares (MENEZES et al., 2015). Anteriormente a *M. liza* era classificada como *Mugil*  
10       *platanus*, Menezes et al., (2010) mostraram por meio de estudos filogenéticos, que ambas  
11       são da mesma espécie, por esse motivo a última denominação foi banida.

12        As espécies de Mugilidae apresentam morfologia externa e anatomia interna  
13        notavelmente uniformes, dificultando a diferenciação entre elas por estes quesitos.  
14        Usualmente são classificadas morfológicamente por medições de proporções corporais que  
15        avaliam a posição relativa das narinas, o número e forma dos raios branquiais, os  
16        comprimentos relativos das nadadeiras, a presença ou a ausência de uma pálpebra adiposa,  
17        bem como o número de cecos pilóricos e o comprimento relativo do intestino  
18        (GONZÁLEZ-CASTRO & MINOS, 2016)

19        O corpo da *M. liza* é moderadamente alongado, sem linha lateral (Figura I),  
20        apresenta cor escura (cinza azulado) e prateada nas laterais e no ventre. Possui estrias  
21        escuras horizontais, mais fortes na região superior das laterais e mais fracas na parte  
22        inferior, desaparecendo completamente no ventre (FISCHER et al., 2011). A cabeça é  
23        relativamente grande e achatada com os olhos parcialmente cobertos por tecido adiposo e  
24        a boca pequena terminal (MENEZES et al., 2015).



Fonte: (FAO, 1999)

25            Figura I- Exemplo adulto de *Mugil liza* Valenciennes, 1836.

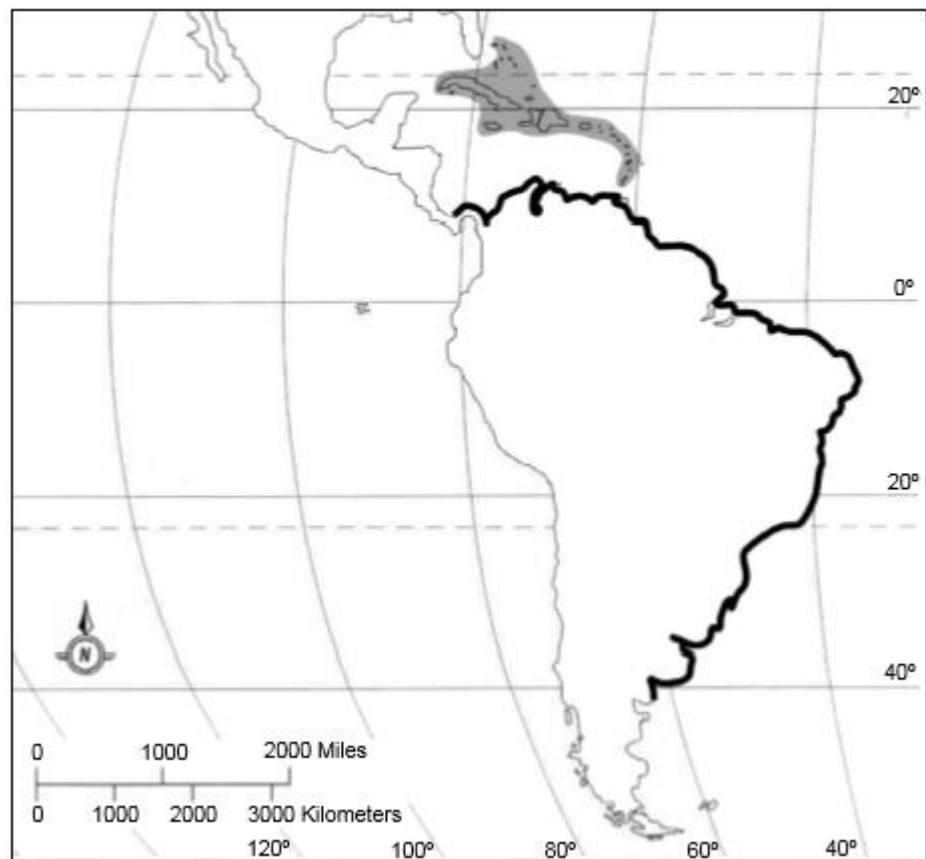
26

27            Todas as nadadeiras (exceto as pélvicas) apresentam coloração com cromatóforos  
28 escuros. A primeira nadadeira dorsal tem quatro espinhos e a segunda nove raios (oito  
29 ramificados e um não ramificado). Já a nadadeira peitoral tem de 14 a 17 raios ramificados,  
30 sendo um não ramificado. A nadadeira pélvica tem um espinho e cinco raios ramificados e  
31 a anal possui três espinhos e oito raios ramificados nos adultos e dois espinhos e nove raios  
32 ramificados nos juvenis. As nadadeiras, dorsal e anal, podem ser ou não cobertas na porção  
33 basal por pequenas escamas. Apresentam de 29 a 39 escamas na série transversal e de 17 a  
34 20 escamas no pedúnculo caudal. Possuem 24 ou 25 vértebras e o primeiro arco branquial  
35 tem entre 22 e 80 rastros de modo que esta grande diferença é devido ao fato de que o  
36 número aumenta à medida que o peixe cresce em comprimento (MENEZES et al., 2015).

37            A tainha mede em média 50 cm de comprimento, mas existem relatos de até 100  
38 cm e chega a pesar de 6 a 8 kg, sendo classificada como um peixe de médio porte (FAO,  
39 1999)

#### 40            ***DISTRIBUIÇÃO E CICLO DE VIDA***

41            A distribuição da *M. liza* se dá desde o Atlântico, nas águas costeiras ao redor das  
42 Bermudas e do sul da Flórida, nas Índias Ocidentais, nas Bahamas e em todo o Mar do  
43 Caribe até o sul até a Argentina (MENEZES et al., 2010; BARLETTA & DANTAS, 2016).



Fonte: (BARLETTA & DANTAS, 2016)

44            Figura II- Distribuição de tainhas *Mugil liza* na Costa Atlântica da América do Sul (margem em preto)  
 45            e região do Caribe (área cinza)

46

47            É considerada uma espécie catádroma, eurialina e euritérmica (NETO & DIAS,  
 48            2015; MENEZES et al., 2015; LEMOS et al., 2014; FISCHER et al., 2011; FAO, 1999)  
 49            que passa a maior parte de seu ciclo de vida em ambientes estuarinos e inicia o processo  
 50            de migração reprodutiva para o oceano no outono, para desovar no inverno (MENEZES et  
 51            al., 2015). Após a desova, as larvas e juvenis retornam para os estuários, que são usados  
 52            como ambientes de criação e alimentação (OLIVEIRA & BEMVENUTI, 2006). Os juvenis  
 53            permanecem no estuário até a idade de primeira maturação, quando realizam a primeira  
 54            migração reprodutiva (LEMOS et al., 2014).



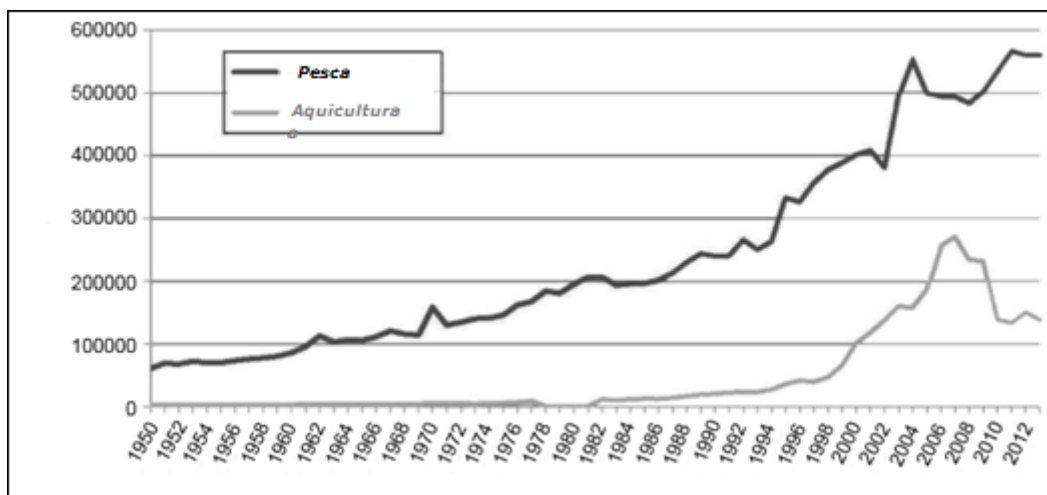
55 **IMPORTÂNCIA ECONÔMICA**

56 A pesca e a criação da tainha já exerciam papel socioeconômico importante para as  
57 civilizações do Egito antigo, na região do Mediterrâneo (LIAO et al., 2016). A presença  
58 desses peixes foi registrada em túmulos de faraós datado em 2340 a.C., permanecendo até  
59 os dias atuais essa herança cultural (SADEK, 2016).

60 No início do século XVII, os asiáticos iniciaram a prática de processamento da  
61 tainha pela técnica da salga da carne e da ova para consumo e exportação até os anos 90  
62 quando teve um considerável declínio no estoque pesqueiro devido ao e aumento na  
63 demanda, necessitando assim a importação de matéria prima (ovas, testículos e moelas) de  
64 outros países como os Estados Unidos, Brasil, Austrália e República das Maurícias para  
65 suprir o mercado interno e também externo (LIAO et al., 2016)

66 Segundo os dados de Crosetti (2016) a produção de tainha vem crescendo na área  
67 da pesca e aquicultura, de modo que teve um saldo mais visível a partir do ano 2000 com  
68 pico de produção em 2007, no ano de 2013 a produção mundial de Mugilídeos foi de  
69 698.293 toneladas. Claramente a pesca contribuiu com maior quantidade de tainhas do que  
70 a aquicultura (Figura III).

71



Fonte: Crosetti, 2016 (adaptado)

72 Figura III - Produção mundial de mugilídeos da pesca e da aquicultura em toneladas (1950-2013)  
73 (CROSETTI, 2016).

74 O Brasil em 2013 era o quinto país que mais capturava tainhas, ficando atrás da  
75 China, Indonésia, Índia e Egito (CROSETTI, 2016), mas ainda assim importou-se

76 aproximadamente 1,9 toneladas de tainhas congeladas no decorrente ano (SEBRAE, 2015).  
77 O consumo de pescado no país vem aumentando ano a ano, e tem sido observada a redução  
78 do estoque natural de muitos peixes, como é o caso da tainha (LEMOS et al., 2014). Dessa  
79 forma, para suprir o mercado consumidor se faz necessário buscar o mercado externo, uma  
80 vez que o país ainda não tem produção comercial suficiente para suprir a demanda  
81 existente.

82 As tainhas são consideradas um dos gêneros mais importantes para a pesca marinha  
83 e estuarino-lagunares nacional, ficando na sétima colocação dos recursos pesqueiros  
84 explorados tradicionalmente (NETO & DIAS, 2015), e são importantes recursos para a  
85 subsistência das comunidades litorâneas do Brasil (MPA & MMA, 2015)

86 Dentre as espécies de Mugilídeos que ocorrem no país, a *M. liza* é considerada a  
87 mais importante para as atividades pesqueiras, sendo responsável por 40-44% do  
88 desembarque total de Mugilídeos entre o período de 1980 e 2010, sendo que 95% da  
89 captura da espécie ocorre na região sul-sudeste (LEMOS et al., 2014). A média relativa de  
90 captura da espécie por estado entre 1980 e 2010, teve Santa Catarina como maior produtor  
91 (45%), seguido pelo Rio Grande do Sul (30%), Rio de Janeiro (17%), São Paulo (8%), e  
92 Espírito Santo e Paraná juntos com cerca de 1% do total (MPA & MMA, 2015). No estado  
93 de Santa Catarina foi declarado que a pesca artesanal da tainha integra o patrimônio  
94 histórico, artístico e cultural do Estado pela Lei Estadual nº 15.922/2012.

95 A carcaça da tainha é toda destinada para abastecimento do mercado interno, em  
96 especial as comunidades litorâneas, e o contrário ocorre com as ovas e moelas, que são  
97 destinadas quase em sua totalidade para o mercado externo (Taiwan, França, Grécia, Itália  
98 e Espanha) (MPA & MMA, 2015). A retirada de ovas e moelas, que são coprodutos,  
99 provenientes da frota de cerco é toda destinada às indústrias (LEMOS et al., 2014). No ano  
100 de 2007 ocorreu o maior pico de produção com 600 t. de ovas de tainha exportada,  
101 declinando para 180 t. em 2013 (MDIC, 2017). O direcionamento da frota de cerco sobre  
102 a tainha ocorreu no início dos anos 2000, associado ao declínio das capturas da sardinha-  
103 verdadeira, e que, mesmo com o início da recuperação do estoque da espécie alvo, a  
104 continuidade do interesse deveu-se, principalmente, ao valor da exportação das ovas,  
105 disputada pelo mercado internacional, como iguaria (MPA & MMA, 2015)

106 Apesar do potencial mercado em torno da espécie, o estoque natural está em  
107 declínio, em 2004 a espécie foi incluída na lista de animais em sobrepesca pelo Ministério

108 do Meio Ambiente (IN nº5 21/05/2004), e desde de 2007 a captura vem apresentando uma  
109 redução gradativa nos números (MDIC, 2017). O período autorizado para pesca de cerco é  
110 de maio a julho, no período de desova, pois as gônadas é o produto principal do mercado,  
111 com isso o recrutamento da espécie está limitado (LEMOS et al., 2014). Atualmente, o  
112 esforço de pesca é de 60 traineiras autorizadas, e segundo plano de gestão para o uso  
113 sustentável da tainha *M. liza* no sudeste e sul do Brasil do ano de 2015, esta quantidade de  
114 frota está acima do nível sustentável, e se nenhuma medida for tomada a curto prazo, essa  
115 espécie entrará em extinção em poucos anos.

## 116 **CRIAÇÃO DE TAINHA**

117 A produção aquícola de tainha, nos últimos anos, vem crescendo seguindo a  
118 tendência geral da aquicultura, com potencial de atender à crescente demanda em  
119 contraponto ao declínio dos estoques pesqueiros (PAN et al., 2016).

120 Sua criação existe desde a época da civilização Romana, na região do mediterrâneo,  
121 para subsistência (SADEK, 2016). Mas, foi depois do século XX que atingiu nível  
122 comercial em lagos de águas interiores na região de Faium, no Egito, Mar Negro e Mar  
123 Cáspio na Rússia e na Itália com o povoamento em águas vulcânicas. Posteriormente vários  
124 outros países começaram a apostar na piscicultura de tainhas (LEBER et al., 2016).

125 A FAO (2015) relatou registros da criação de tainhas em 15 países (Egito,  
126 Indonésia, Coreia, Taiwan, Israel, Tunísia, Guiana, China, Iraque, Iraque, Arábia Saudita,  
127 Cingapura, Grécia, Itália, Espanha e Ucrânia) no ano de 2013, com um total de produção  
128 de 138.143 toneladas (Figura III). Deste total, o Egito participou com 84,1%, seguido da  
129 Indonésia com 5,8%, Coreia 3,5 %, Taiwan 1,9%, Israel 1,6% e 3,1% os outros países.

130 O fato que contribuiu para que o Egito apresentasse a maior produção mundial foi  
131 a decisão dos órgãos do governo em investir no povoamento de extensas áreas salinas  
132 inutilizadas, no ano de 2003, uma vez que as tainhas toleram baixas temperaturas e águas  
133 com salinidade entre 5 – 30 (SADEK, 2016). Desde então o crescimento da produção foi  
134 exponencial, de modo que 74% do total de tainha produzido no país em 2013 advinham da  
135 aquicultura (GONZÁLEZ-CASTRO & GHASEMZADEH, 2016)

136 Oficialmente são relatado dados de apenas três espécies são relatadas nos dados  
137 oficiais: *Mugil cephalus*, *Liza haematocheila* e a *Mugil liza* sendo que aproximadamente

138 90% são declaradas como 'mullet nei' que inclui várias espécies de tainhas (CROSETTI,  
139 2016)

140 A tainha possui várias características que são pertinentes para a criação tais como,  
141 a capacidade de viver em diferentes habitats, incluindo quase todas as zonas costeiras  
142 tropicais, subtropicais e temperadas (PAN et al., 2016), águas interiores e marinhas, doces,  
143 salobras e salgadas (CROSETTI, 2016). Aceita alimentos artificiais (Pan et al. 2016), tem  
144 baixa exigência proteica (14-38%) e energética (2500 Kcal/Kg) (EL-DAHAR, 2006),  
145 mostrando-se viável na criação extensiva e semi-intensiva em tanques rede (SALEH,  
146 2008).

147 É um peixe que necessita fazer migração para reproduzir (LEMOS et al., 2014), por  
148 isso em cativeiro não desovam espontaneamente e necessitam de tratamento hormonal para  
149 maturação final e liberação dos ovócitos (SADEK, 2016). Há relatos de ensaios de desova  
150 induzida em vários países como na Itália, Taiwan (LIAO et al., 2016), Egito (SALEH,  
151 2008; SADEK, 2016), Estados Unidos (LEBER et al., 2016), Cuba (ALVAREZ-  
152 LAJONCHERE, 1988) e também no Brasil (ANDREATTA et al., 1983; GODINHO et al.,  
153 1988). Mas apesar dessas ocorrências, as produções comerciais existentes são abastecidas  
154 com larvas e juvenis do ambiente, deixando limitado o desenvolvimento do setor e se  
155 tornando um problema ambiental, como já é relatado no Egito, onde a demanda por juvenis  
156 para crescimento e engorda é maior que o estoque autorizado para captura, e por isso muitos  
157 piscicultores usam meios clandestinos para adquirir os peixes (SADEK, 2016)

158 Desde a década de 1980 pesquisadores já apontavam a criação de tainhas como  
159 atividade promissora (NASH & SHEHADEH, 1980; OREN, 1981; ALVAREZ-  
160 LAJONCHERE, 1988; GODINHO et al. 1988), mas nunca se atingiu o potencial esperado  
161 com o decorrer dos anos e uma das razões é fato da aquicultura voltar seu interesse e  
162 investimentos para outras espécies, mas principalmente pela dificuldade de fechar seu ciclo  
163 de vida em cativeiro (CROSETTI, 2016).

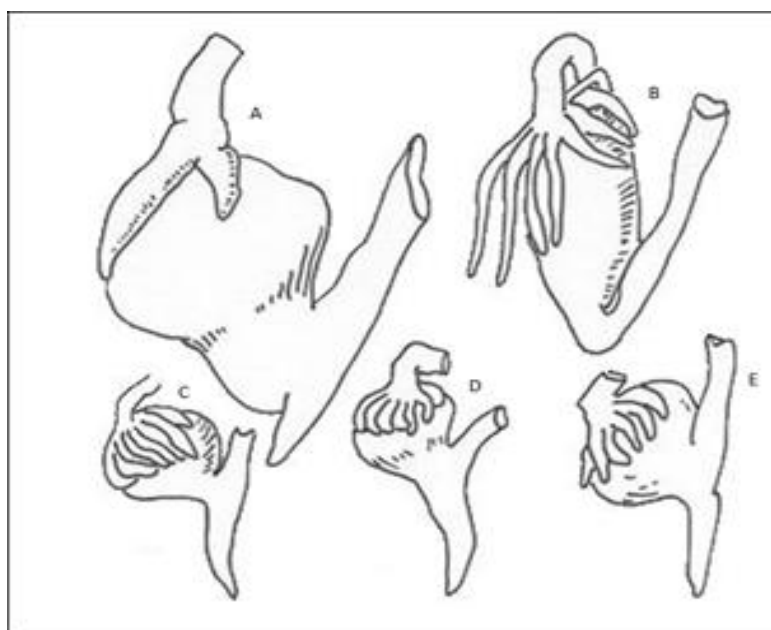
164 Para a espécie *M. liza* vem sendo realizada várias pesquisas na área da nutrição  
165 (ZAMORA-SILLERO et al., 2013; SILVA, 2010; RAMOS et al., 2015; ITO &  
166 BARBOSA, 1997; CARVALHO et al., 2010), parâmetros físico-químicos (SAMPAIO et  
167 al., 2002; OKAMOTO et al., 2006) e sistemas de criação (SAMPAIO, 2008; ROCHA,  
168 2012; COSTA et al., 2013) foram desenvolvidas para promover sua criação no país,

169 podendo ser uma alternativa às carpas na região Sul devido às características já  
170 apresentadas, mas principalmente a que se refere à amplitude térmica tolerada.

## 171 ***MORFOLOGIA DO TRATO***

172 Graças à elevada sofisticação do aparelho digestivo, os Mugilídeos têm uma  
173 estratégia peculiar para explorar um único nicho trófico que nenhum outro grupo forrageiro  
174 possui para a captura e seleção do alimento (CARDONA, 2016). A boca é terminal ou  
175 subterminal na maioria das espécies (MENEZES et al., 2015) com presença de dentes  
176 pequenos no pré-maxilar e mandíbula para a raspagem de filmes microbianos, e, além  
177 disso, possui dentes faringianos no palato que auxiliam na trituração e reconhecimento do  
178 alimento (FAO, 1999). Possui rastros branquiais densos que retêm as partículas finas,  
179 sendo que o quinto arco branquial juntamente com a almofada faringiana classificam e  
180 rejeitam partículas mais grosseiras presentes no sedimento.

181 O esôfago é relativamente curto e desemboca no estômago que é dividido em duas  
182 porções: cárdica e pilórica. A primeira faz a digestão enzimática e a segunda, que  
183 corresponde à moela, desempenha função estritamente mecânica na digestão e, apesar de  
184 todas as tainhas apresentarem essas duas porções, a morfologia vai variar conforme a  
185 espécie (NELSON, 2006). Os cecos pilóricos se localizam ao final da porção pilórica  
186 variando meristicamente e numericamente (Figura IV) conforme o gênero e espécie  
187 (CARDONA, 2016).



188

189  
190  
191

Fonte: Cardona, 2016 (adaptado).

Figura IV- Morfologia dos estômagos e diversidade de números de cecos nos diferentes gêneros. A- *Mugil Chepalus*; B- *Liza saliens*; C- *Liza aurata*; D- *Liza ramada*; E- *Chelon labrosus*.

192

193 O intestino, por sua vez, é disposto em várias espiras e seu comprimento, via de  
194 regra, é sempre maior que o corpo (1,6 – 4,5 vezes), variando em função da espécie,  
195 ambiente e alimento (CARDONA, 2016). Além disso, todo esse órgão é envolto em tecido  
196 conjuntivo adiposo que atua como um armazenador de gordura (PILLAY, 1953;  
197 CARDONA, 2016).

198 Com relação a *M. Liza*, Galvão et al., (1997) verificaram que o desenvolvimento do  
199 sistema digestório é bastante lento, com o trato tubular e reto e sem glândulas gástricas na  
200 fase larval, sendo, portanto, a digestão alcalina na qual a absorção de proteínas é realizada  
201 por meio de pinocitose. Com três dias após a eclosão, tem-se a abertura da boca e do ânus  
202 e o aparecimento do fígado, vesícula biliar e pâncreas. As células gástricas surgem só no  
203 40º dia quando as áreas do estômago já estão distintas e a região pilórica faz a digestão  
204 mecânica (sem glândulas gástricas) e as células caliciformes se apresentam no 48º dia e aos  
205 60 dias o trato estará completo.

## 206 ***PLASTICIDADE E RESPOSTA À DIETA***

207 O processo evolutivo proporcionou transformações e adaptações do sistema  
208 digestório para que pudessem se adequar a ingestão, digestão e assimilação de nutrientes  
209 fornecido pelo meio, adequando o hábito alimentar de cada espécie (OLSSON, 2011). No  
210 tocante à flexibilidade fenotípica do TGI em resposta às alterações na dieta, apesar de  
211 ocorrer nos diferentes hábitos alimentares, se destaca em onívoros e herbívoros  
212 (BALDISSEROTTO, 2013).

213 As diferentes características morfológicas juntamente com os distintos hábitos  
214 alimentares determinam que o TGI tem como principal função a digestão (FRACALLOSSI  
215 & CYRINO, 2012), de modo que, são encontrados mecanismos digestivos de distintas  
216 formas (DABROWSKI & PORTELLA, 2005), na qual Wilson e Castro (2010)  
217 classificaram em quatro principais tipos de digestão, sendo: Tipo I – digestão com baixo  
218 pH gástrico, que faz a *lise* das paredes celulares, desnaturações das proteínas e a ativação  
219 da pepsina iniciando a digestão enzimática dos alimentos; Tipo II – digestão que envolve  
220 a trituração do alimento pelo estômago tipo moela, que age de forma mecânica; Tipo III –

221 a trituração de alimentos ocorre no aparelho faríngeo, com um moinho faríngeo bem  
222 desenvolvido, o estômago está completamente ausente e o alimento finamente moído é  
223 passado diretamente para o intestino e; Tipo IV – em que a fermentação microbiana é  
224 utilizada por alguns peixes herbívoros para produzir ácidos graxos de cadeia curta.

225 Nos mugilídeos a digestão ocorre por meio químico e mecânico (digestão tipo II)  
226 semelhante às aves, em que o alimento passa primeiramente pela cárdia e o suco gástrico  
227 decompõe parcialmente os alimentos, tornando-os mais macios, facilitando assim a  
228 trituração na porção subsequente (piloro) com auxílio de areia (WILSON & CASTRO,  
229 2010) (Wilson et al., 2010). Apesar de haver produção de enzimas digestivas no estômago,  
230 de modo geral, vários autores reportam que esta tem sua digestão alcalina (WILSON &  
231 CASTRO, 2010; PAYNE, 1978; CARDONA, 2016).

232 A característica mais evidente de modulação morfofisiológica em peixes é a variação  
233 do comprimento do trato gastrointestinal (FRACALOSSO & CYRINO, 2012). A  
234 plasticidade intestinal é um mecanismo apresentado por esses indivíduos frente à  
235 diversificada alimentação para adequar o trato a fim de obter uma melhor absorção  
236 (DABROWSKI & PORTELLA, 2005). Deste modo, os herbívoros são considerados mais  
237 aptos à flexibilidade adaptativa do trato digestório por terem uma dieta bastante variável,  
238 ao contrário dos carnívoros que tem uma alimentação mais restrita e uma menor capacidade  
239 de modulação (BALDISSEROTTO, 2013).

240 Neste contexto, as tainhas apresentam, por via de regra, um longo intestino, que varia  
241 entre as espécies e entre os indivíduos de uma mesma espécie em diferentes fases e habitats  
242 (PILLAY, 1953; EGGOLD & MOTTA, 1992; ROSELET, 2005), refletindo as diferenças  
243 na capacidade de assimilar o material vegetal (CARDONA, 2016). Na literatura são  
244 relatados valores para a relação comprimento do intestino/comprimento do corpo entre 1,5  
245 para espécie *Liza saliens* até 5,5 para *Mugil cephalus* (ODUM, 1970; DRAKE & ARIAS,  
246 1984), e já para a *M. liza* foi reportado o valor de 3,1 para espécimes adultas e de 1,6 a 2,1  
247 para juvenis (ROSELET, 2005).

248 De maneira geral os peixes teleósteos possuem basicamente dois segmentos  
249 intestinais, o qual na primeira porção é realizada a absorção dos micronutrientes  
250 (monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos) e na segunda porção a entrada de  
251 macromoléculas por pinocitose (WILSON & CASTRO, 2010). O transporte transepitelial  
252 intestinal dos nutrientes utiliza mecanismos especializados para absorção conforme o

253 hábito alimentar. Por exemplo, os herbívoros e os detritívoros com dietas que contém mais  
254 carboidratos apresentam um trânsito mais rápido do alimento e alongamento intestinal, já  
255 os carnívoros que possuem um aporte maior de proteínas na sua dieta, tem um aumento na  
256 área de absorção e um trânsito mais lento (BALDISSEROTTO, 2013).

257 As proteínas e os aminoácidos são absorvidos na membrana apical dos enterócitos  
258 através de simportes aminoácidos/Na<sup>+</sup> e por difusão, enquanto os carboidratos são  
259 absorvidos na forma de monossacarídeos em processo semelhante dos aminoácidos, na  
260 qual a glicose e a galactose entram nos enterócitos por meio de simporte com o Na<sup>+</sup>, e a  
261 frutose por difusão facilitada (WILSON & CASTRO, 2010).

262 Outra adaptação evolutiva dos peixes, sobretudo os que se alimentam principalmente  
263 de vegetais, é a presença numerosa de células caliciformes no trato, em que o muco  
264 altamente viscoso por elas produzido, absorve água e nutrientes nela solúveis. O gel  
265 formado se mistura ao alimento durante o transporte faríngeo até as porções onde os  
266 processos digestivo e absorptivo atuam sobre os nutrientes mantidos dentro da matriz  
267 mucosa (DABROWSKI & PORTELLA, 2005). E no que se refere aos mugilídeos, no  
268 estômago encontra-se muco constituído de mucopolissacarídeos neutros para proteger o  
269 epitélio da abrasão e facilitar a ação enzimática (CASTRO et al., 1961). Já nos cecos e  
270 intestino proximal, os quais são regiões de maior fluxo de absorção dos nutrientes, estão  
271 distribuídas um maior número de células (GALVÃO et al., 1997)

272

273



## **OBJETIVOS**

### 274 ***OBJETIVO GERAL***

275

276 A presente dissertação tem como objetivo geral avaliar as alterações  
277 morfofisiológicas do trato digestório da *Mugil liza* Valenciennes, 1836, de ambiente e  
278 confinamento.

### 279 ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

280 ➤ Avaliar o peso, comprimento total e comprimento do intestino de ambiente  
281 e confinamento.

282 ➤ Avaliar o peso do estomago e do conteúdo estomacal de tainhas de ambiente  
283 e confinamento.

284 ➤ Aferir o pH das porções do estomago (cárdia e piloro), cecos pilóricos e  
285 intestino (proximal, médio e distal) dos indivíduos.

286 ➤ Caracterizar histologicamente a porção dos cecos pilóricos da *M. liza*.

287 ➤ Quantificar a distribuição das células caliciformes nas porções do cecos e  
288 intestino da *M. liza*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 289 ALVAREZ-LAJONCHERE, L. Positive results of induced spawning and larval rearing  
290 experiments with *Mugil liza* Val., a grey mullet from Cuban waters. **Aquaculture**, v.  
291 73, n. August, p. 349–355, 1988.
- 292 BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**, 3 edição. ed.  
293 editoraufsm, Samta Maria, 2013.
- 294 BARLETTA, M., DANTAS, D. V. Biogeography and Distribution of Mugilidae in the  
295 Americas 2016.
- 296 BUDDINGTON, R. K., DOROSHOV, S. I. Structural and Functional Relations of the  
297 White Sturgeon Alimentary Canal ( *Acipenser transmontanus* ). **Journal of**  
298 **Morphology**, v. 190, , p. 201–213, 1986.
- 299 CARDONA, L. Food and Feeding of Mugilidae, In: Biology, Ecology and Culture of Grey  
300 Mullet (Mugilidae). pp. 165–195 2016.
- 301 CARVALHO, C. V. A. De, BIANCHINI, A., TESSER, M. B., SAMPAIO, L. A. The effect  
302 of protein levels on growth , postprandial excretion and tryptic activity of juvenile  
303 mullet *Mugil platanus* (Günther). **Aquaculture Research**, v. 41, , p. 511–518, 2010.
- 304 CASTRO, N. M., SASSO, W. S., KATCHBURIAN, E. A histological and histochemical  
305 study of the Mugil sp. pisces (tainha). **Acta Anatomica**, v. 45, , p. 155–163, 1961.
- 306 COSTA, L. C. de O., XAVIER, J. A. A., NEVES, L. F. de M., AZAMBUJA, A. M. V. de,  
307 WASIELESKY JUNIOR, W., FIGUEIREDO, M. R. C. Polyculture of *Litopenaeus*  
308 *vannamei* shrimp and *Mugil platanus* mullet in earthen ponds. **Revista Brasileira de**  
309 **Zootecnia**, v. 42, n. 9, p. 605–611, 2013.
- 310 CROSETTI, D. Current State of Grey Mullet Fisheries and Culture, In: CROSETTI, D  
311 (Ed.), Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). New York, pp. 398–  
312 350 2016.
- 313 DABROWSKI, K., PORTELLA, M. C. Feeding Plasticity and Nutritional Physiology in  
314 Tropical Fishes, In: Fish Physiology. pp. 155–224 2005.
- 315 DÍAZ, A. O., GARCÍA, A. M., GOLDEMBERG, A. L. Glycoconjugates in the mucosa of  
316 the digestive tract of *Cynoscion guatucupa*: A histochemical study. **Acta**  
317 **Histochemica**, v. 110, n. 1, p. 76–85, 2008.
- 318 DRAKE, P., ARIAS, A. M. Biología de los Múgildeos ( Osteichthyes, Mugilidae) en los

- 319 esteros de las alinas de San Fernando (Cádiz). III. Hábitos alimentarios y su relación  
320 con la morfometría del aparato digestivo. **Inv. Pesq.**, v. 48, n. 2, p. 337–367, 1984.
- 321 EL-DAHAR, A. A. Review article on Mullet larval Acclimatization and Determination  
322 of their nutritional requirements in Egypt. **JOURNAL OF THE ARABIAN**  
323 **AQUACULTURE SOCIETY**, v. 1, n. 2, p. 19–43, 2006.
- 324 FAO, F. A. A. O. O. T. U. N. Order MUGILIFORMES MUGILIDAE, In: CARPENTER,  
325 K., VH NIEM (Eds.), FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The  
326 Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Volume 4. Bony Fishes Part  
327 2 (Mugilidae to Carangidae). Rome, pp. 2069–2083 1999.
- 328 FISCHER, L. G., PEREIRA, L. E. D., VIEIRA, J. P. **PEIXES ESTUARINOS E**  
329 **COSTEIROS** 2011.
- 330 FRACALOSI, D. M., CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies**  
331 **de interesse para aquicultura brasileira**. Florianópolis, SC, 2012.
- 332 GALVÃO, M. S. N., FENERICH-VERANI, N., YAMANAKA, N., OLIVEIRA, I. R.  
333 Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880  
334 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. **Boletim do Instituto de**  
335 **Pesca**, v. 24, , p. 91–100, 1997.
- 336 GONZÁLEZ-CASTRO, M., GHASEMZADEH, J. Morphology and Morphometry Based  
337 Taxonomy of Mugilidae, In: CROSETTI, D, S BLABER (Eds.), Biology, Ecology  
338 and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). Taylor and Francis Group, New York, pp.  
339 1–21 2016.
- 340 GONZÁLEZ-CASTRO, M., MINOS, G. Sexuality and Reproduction of Mugilidae, In:  
341 Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). pp. 227–263 2016.
- 342 GUPTA, S. B. C. Food and Feeding Habits and Physiology of Digestion in. Certain  
343 Riverine Teleosts. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 6, , p.  
344 837–844, 1981.
- 345 INAMI, M., TAVERNE-THIELE, A. J., SCHRØDER, M. B., KIRON, V., ROMBOUT,  
346 J. H. W. M. Immunological differences in intestine and rectum of Atlantic cod (*Gadus*  
347 *morhua* L.). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 26, n. 5, p. 751–759, 2009.
- 348 ITO, K., BARBOSA, J. C. Nivel protéico e proporção de proteína de origem animal em  
349 dietas artificiais para a tainha, *Mugil platanus*. **Instituto de Pesca**, v. 24, n. (único),  
350 p. 111–117, 1997.

351 JUTFELT, F. INTEGRATED FUNCTION AND CONTROL OF THE GUT | Barrier  
352 Function of the Gut, In: Encyclopedia of Fish Physiology. Elsevier, pp. 1322–1331  
353 2011.

354 LEBER, K. M., LEE, C., BRENNAN, N. P., ARCE, S. M., TAMARU, C. S.,  
355 BLANKENSHIP, H. L., NISHIMOTO, T. Stock Enhancement of Mugilidae in  
356 Hawaii ( USA ). **Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae)**, p. 467–  
357 486, 2016.

358 LEIV LEKNES, I. Histochemical studies on mucin-rich cells in the digestive tract of a  
359 teleost, the Buenos Aires tetra (*Hyphessobrycon anisitsi*). **Acta Histochemica**, v. 113,  
360 n. 3, p. 353–357, 2011.

361 LEMOS, V. M., JR, A. S. V., SCHWINGEL, P. R., MUELBERT, J. H. Migration and  
362 reproductive biology of *Mugil liza* ( Teleostei : Mugilidae ) in south Brazil p. 671–  
363 687, 2014.

364 LIAO, I. C., CHAO, N. H., TSENG, C. C. Capture and Culture of Mugilidae in Taiwan,  
365 In: **Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae)**. New York, pp. 487–  
366 500 2016.

367 MCCAULEY, H. A., GUASCH, G. Three cheers for the goblet cell: maintaining  
368 homeostasis in mucosal epithelia. **Trends in Molecular Medicine**, v. 21, n. 8, p. 492–  
369 503, 2015.

370 MENEZES, N. A., NIRCHIO, M., DE OLIVEIRA, C., SICCHARAMIREZ, R.  
371 Taxonomic review of the species of *Mugil* (Teleostei: Perciformes: Mugilidae) from  
372 the Atlantic South Caribbean and South America, with integration of morphological,  
373 cytogenetic and molecular data. **Zootaxa**, v. 3918, n. 1, p. 1–38, 2015.

374 MENEZES, N. A., OLIVEIRA, C., NIRCHIO, M. An Old Taxonomic Dilemma : The  
375 Identity Of The Western South Atlantic Lebranche Mullet (Teleostei : Perciformes :  
376 Muglidae). **Zootaxa**, v. 2519, , p. 59–68, 2010.

377 MPA, M. da P. e A., MMA, M. do M. A. **PLANO DE GESTÃO PARA O USO**  
378 **SUSTENTÁVEL DA TAINHA, *Mugil liza* Valenciennes, 1836, NO SUDESTE E**  
379 **SUL DO BRASIL**. 2015.

380 NELSON, J. S. **Fishes of the World**, 4th ed 2006.

381 NETO, J. D., DIAS, J. de F. O. **O USO DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA NO**  
382 **BRASIL: UMA AVALIAÇÃO COM FOCO NA PESCA (IBAMA)**. Brasília- DF,

383 2015.

384 ODUM, W. E. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped  
385 mullet *Mugil cephalus*., In: STEELE, JH (Ed.), *Marine Food Chains*. Oliver & Boyd,  
386 London, pp. 220–240 1970.

387 OKAMOTO, M. H., SAMPAIO, L. A., MAÇADA, A. P. EFEITO DA TEMPERATURA  
388 SOBRE O CRESCIMENTO E A SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DA TAINHA  
389 *Mugil platanus* GÜNTHER , 1880. **Atlântica**, v. 28, n. 1, p. 61–66, 2006.

390 OLIVEIRA, I. R., SOARES, L. S. H. Alimentação da Tainha *Mugil platanus* Günter, 1880  
391 (Pisces: Mugilidae), da Região Estuarino-Lagnar de Canaéia, São Paulo, Brasil.  
392 **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 23, , p. 95–104, 1996.

393 OLIVEIRA, A. F. De, BEMVENUTI, M. D. A. O CICLO DE VIDA DE ALGUNS  
394 PEIXES DO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS , RS , INFORMAÇÕES PARA  
395 O ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 1, n.  
396 2, p. 16–29, 2006.

397 OLSSON, C. GUT ANATOMY AND MORPHOLOGY | Gut Anatomy, In: *Encyclopedia*  
398 *of Fish Physiology*. Elsevier, pp. 1268–1275 2011.

399 PALANISAMY, K. Studies on the digestive enzymes of the cultivable grey mullet *Liza*  
400 *parsia* (Hamilton Buchanan,1822). Cochin University of the and tecnologia 1989.

401 PAN, J., ALIAUME, C., ANASTASOPOULOU, A., BERREBI, P., CASELLAS, C.,  
402 CHANG, C., DIOUF, P. S., DURAND, J., HERNANDEZ, F., LEÓN, F. J. G. De,  
403 LALÈYÈ, P., MORALES-NIN, B., MIRANDA, J. R. Grey Mullet as Possible  
404 Indicator of Coastal Environmental Changes : the MUGIL Project, In: *Biology,*  
405 *Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae)*. pp. 514–521 2016.

406 PILLAY, T. V. R. Studies on the food, feeding habits and alimentary tract of the grey  
407 mullet *Mugil tade* Forskal. **Proceedings of the National Institut of Sciences of**  
408 **India**, 1953.

409 RAMOS, L. R. V., ROMANO, L. A., MONSERRAT, J. M., ABREU, P. C., VERDE, P.  
410 E., TESSER, M. B. Biological responses in mullet *Mugil liza* juveniles fed with guar  
411 gum supplemented diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 205, , p. 98–106,  
412 2015.

413 ROCHA, A. F. Avaliação do Pontecial da Criação de Juvenis de Tainhas *Mugil cf. hopes*  
414 e *Mugil liza* em Sistema de Bioflocos. Universidade Federal do Rio Grande 2012.

- 415 ROSELET, F. F. G. Considerações ecológicas sobre o habito alimentar iliógago dos  
416 juvenis da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 no estuário da lagoa dos patos e região  
417 costeira adjacente, RS - Brasil. Fundação Universidade Federal do Rio Grande 2005.
- 418 ROSSI, A. R., CROSETTI, D., LIVI, S. Genetics of Mugilidae, In: Biology, Ecology and  
419 Culture of Grey Mullet (*Mugilidae*). New York, pp. 350–397 2016.
- 420 SADEK, S. Culture of Mugilidae in Egypt, In: CROSETTI, D, S BLABER (Eds.), Biology,  
421 Ecology and Culture of Grey Mullet (*Mugilidae*). New York, pp. 501–513 2016.
- 422 SALEH, M. Capture-based aquaculture of mullets in Egypt. **Capture-based aquaculture.**  
423 **Global overview FAO Fisheries Technical Paper. No. 508**, p. 109–126, 2008.
- 424 SAMPAIO, J. A. de O. Desempenho de linguados *Paralichthys orbignyanus* em policultivo  
425 com tainhas *Mugil platanus* em viveiros de solo, no período de outono e inverno.  
426 Fundação Universidade Federal de Rio Grande 2008.
- 427 SAMPAIO, L. A., FERREIRA, A. H., TESSER, M. B. Effect of stocking density on  
428 laboratory rearing of mullet fingerlings, *Mugil platanus* (Günther, 1880). **Acta**  
429 **Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 471–475, 2001.
- 430 SAMPAIO, L., WASIELESKY, W. J., MIRANDA-FILHO, KC. Effect of salinity on acute  
431 toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. **Bulletin of**  
432 **Environmental Contamination and Toxicology**, v. 68, n. 1, p. 668–674, 2002.
- 433 SEBRAE, S. B. de A. às M. e P. E. **AQUICULTURA DO BRASIL Série Estudos**  
434 **Mercadológicos** 2015.
- 435 SILVA, E. M. Efeitos da restrição alimentar sobre o crescimento, a utilização do alimento  
436 e custo da alimentação de juvenis da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880.  
437 Universidade Federal do Rio Grande 2010.
- 438 THOMSON, B. J. M. The organs of feeding and the food of some Australian mullet. **Aust.**  
439 **J. Mar. Freshw. Res**, v. 5, , p. 469–485, 1954.
- 440 VAN DER MAREL, M., PRÖPSTING, M. J., BATTERMANN, F., JUNG-SCHROERS,  
441 V., HÜBNER, A., ROMBOUT, J. H. W. M., STEINHAGEN, D. Differences between  
442 intestinal segments and soybean meal-induced changes in intestinal mucus  
443 composition of common carp *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture Nutrition**, v. 20, n. 1,  
444 p. 12–24, 2014.
- 445 WILSON, J. M., CASTRO, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in  
446 fishes, In: *Fish Physiology*. Elsevier Inc., pp. 1–55 2010.

447 ZAMORA-SILLERO, J., RAMOS, L. R. V, ROMANO, L. A., MONSERRAT, J. M.,  
448 TESSER, M. B. Effect of dietary dextrin levels on the growth performance, blood  
449 chemistry, body composition, hepatic triglicerides and glycogen of Lebranche mullet  
450 juveniles ( Mugil liza Valenciennes 1836, Mugilidae). **Journal of Applied**  
451 **Ichthyology**, v. 29, n. 6, p. 1342–1347, 2013.  
452

***CAPITULO ÚNICO: Artigo científico da presente dissertação para submissão em periódico internacional.***

Diferenças morfofisiológicas do trato gastrointestinal de tainhas *Mugil liza* provenientes de criação e do ambiente

Correspondencia: D L Costa, Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha, Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Rio Grande, RS, CEP 96210-030, Brazil. E-mail: dn.medici@gmail.com

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

Observação: Tabelas e figuras foram incluídas no corpo do texto para facilitar a leitura da dissertação.



## Resumo

A tainha apresenta um trato gastrointestinal sofisticado, o que lhe permite aproveitar alimentos nutricionalmente pobres. Devido ao trato ser modulado pelos diferentes tipos de alimentos disponíveis no meio o objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações morfofisiológicas em tainhas, *Mugil liza* provenientes de diferentes ambientes. Foram utilizados 20 exemplares de *M. liza*, sendo 5 provenientes da praia do Cassino (PC), 10 da Lagoa dos Patos (LP), destes 5 foram mantidos por 147 dias em confinamento (LP-RAS) e 5 de tanque rede (RAS-TR). Os organismos da LP-RAS foram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial com 38% de PB e os de RAS-TR com 42% de PB. Todas as tainhas foram eutanasiadas com benzocaína (500 mg/L) e logo após os organismos da PC, LP e RAS-TR foram transportados até o laboratório em isopor com gelo (temperatura <4°C). Foram analisados o peso, comprimento total, quociente intestinal (QI), índice estomacal (IE), índice de conteúdo estomacal (ICE), pH do trato e distribuição de células caliciformes nos cecos e intestino. Os exemplares do ambiente apresentaram um QI, IE e ICE estatisticamente maior que o de cativeiro. O pH estomacal dos peixes RAS-TR foi mais ácido em relação aos da PC, sendo que os tratamentos LP e LP-RAS permaneceram em uma condição intermediária. A partir dos cecos não houve diferença no pH entre as diferentes origens, exceto no intestino médio. Foi verificado maior número de células caliciformes no intestino distal e cecos pilóricos, seguido do intestino proximal e intestino médio. Os dados sugerem que as alterações morfofisiológicas são adaptações moduladas pelo grau de facilidade de digestão e absorção dos nutrientes que cada alimento contém devido a sua composição, de modo que as rações por serem assimiladas mais rápido, tendem a reduzir o peso do estômago e a área de absorção do intestino. Além disso acredita-se que a presença de alimentos mais proteicos aumenta a liberação de suco gástrico reduzindo o pH estomacal. O maior número de células caliciformes foi verificado justamente nos locais onde há necessidade de aumentar a absorção, lubrificação e proteção do epitélio

Palavras chaves: Adaptação, confinamento, fisiologia, moela, morfologia, Mugilídeos

## **Abstract**

### **Morphophysiological differences of the gastrointestinal tract of grey mullet, *Mugil liza*, from confinement and environment**

Grey mullet has a sophisticated gastrointestinal tract that allows the use of nutritionally poor foods. Due to the tract to be modulated by available food types in the environment, the goal of this study was to evaluate the morphophysiological changes in grey mullet, *Mugil liza* from different environments. It was used 20 individuals of *M. liza*, being 5 from Cassino beach (PC), 10 from Patos Lagoon (LP), from which 5 were reared in a recirculating aquaculture system (LP-RAS) and others 5 from RAS and reared in cages (RAS-TR). Fish of the LP-RAS and RAS-TR were fed twice a day on a commercial food with 38 and 42% of crude protein, respectively. All grey mullets were euthanized with benzocaine (500mg/L) and the fish from PC, LP and RAS-TQ were carried to the laboratory in a styrofoam box with water+ice (temperature <4°C). It was analyzed the weight, total length, intestinal quotient (QI), stomach index (IE), stomach content index (ICE), pH of different sections of the tract and goblet cells distribution on mucosal surface of the pyloric ceca and intestine. Grey mullets from environment showed a higher QI, IE and ICE than those from captivity. Stomach pH of fish from RAS-TR was more acid in relation to PC, being that fish from LP and LP-RAS were intermediary. The pH from pyloric ceca until distal intestine did not change among origins, except in the mid intestine. It was verified a higher number of goblet cells in the distal intestine and pyloric ceca, following by proximal and mid intestine. Data suggest that morphophysiological changes are adaptations modulated by the easiness degree of the nutrient digestion and absorption that each food has due to own composition, so that the weight of the stomach and the absorption area of intestine trend to decrease. Moreover, it is believed that more protein food increase the release of gastric juice, decreasing the stomach pH. In relation to goblet cells, it was verified a higher number precisely in places where it was necessary increasing the absorption, lubrication and protection of the epithelium.

Keywords: Adaptation, confinement, physiology, gizzard, morphometry, Mugilidae

## Introdução

1           Dentre os Mugilídeos encontrados no litoral brasileiro, a tainha *Mugil liza*  
2 apresenta-se como uma espécie com potencial para a criação, tanto pelo apelo econômico  
3 em virtude da comercialização de suas ovas (Lemos et al., 2014; Menezes et al., 2015),  
4 quanto por tolerar grandes variações dos parâmetros físicos e químicos da água (Sampaio  
5 et al., 2002; Okamoto et al., 2006).

6           A *M. liza* é um organismo altamente oportunista e de distribuição na região costeira  
7 da América do Sul até a ilhas caribenhas que habitam distintos habitats costeiros (Menezes  
8 et al., 2010). O aparelho de alimentação é extremamente sofisticado, com uma fisiologia  
9 flexível, que permite aos mesmos a exploração eficiente de um nicho trófico que outros  
10 peixes não conseguem (Oliveira & Soares, 1996; Cardona, 2016). Alimentam-se de detrito  
11 com um maior ou menor grau de seleção de partículas, o que confere diferentes  
12 características à sua dieta (Roselet, 2005).

13           A *M. liza* faz parte das poucas espécies de peixes iliófagos, os quais geralmente  
14 necessitam de adaptações morfológicas, comportamentais alimentares e digestivas para  
15 extrair energia de algo que se presumia não possuir valor nutricional (Dabrowski et al.,  
16 2005). Por isso, é devido aos diferentes hábitos alimentares que o trato gastrointestinal  
17 (TGI) das espécies de peixes apresentam tantas diferenças morfológicas e fisiológicas  
18 (Baldisserotto, 2013). No entanto, mesmo em indivíduos da mesma espécie, ocorrem  
19 mudanças na morfometria do trato em resposta às alterações na composição da dieta  
20 (Olsson et al., 2007; German et al., 2010).

21           Do ponto de vista evolutivo das tainhas, segundo Palanisamy (1989) elas possuem  
22 pelo menos duas estratégias digestivas para poder explorar alimentos de difícil digestão  
23 que são: aumentar o tempo de retenção de alimentos e aumentar a área de absorção com  
24 um intestino alongado e a presença de cecos pilóricos e/ou modificar o tipo e de suas  
25 enzimas digestivas.

26           Nesse sentido, considerando que no ambiente natural os indivíduos dispõem de um  
27 espectro maior de itens alimentares, a morfologia de seus tratos digestórios se apresenta na  
28 forma mais desenvolvida (German et al., 2010). Em contrapartida, quando confinados e  
29 sujeitos a uma alimentação concentrada, pode ocorrer ou não um rearranjo.

30           O conhecimento das características do TGI, peculiares à espécie, colabora com o  
31 desenvolvimento de manejos alimentares específicos (Fracalossi et al., 2012),

32 principalmente no que se refere à escolha de ingredientes para a composição da dieta,  
33 frequência alimentar e tamanho de partícula (Petkam et al., 2001; Gaylord et al., 2008;  
34 Webb et al., 2010).

35 Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar possíveis alterações  
36 morfofisiológicas em tainhas (*M. liza*) provenientes do ambiente e mantidas em sistema de  
37 recirculação de água e provenientes de reprodução artificial induzida e mantidas em tanque  
38 rede.

### **Materiais e métodos**

39 A captura dos exemplares na natureza foi autorizada pelo Ministério do Meio  
40 Ambiente (SISBIO nº 57727-1) e todos os procedimentos foram aprovados pela Comissão  
41 de Ética de Uso Animal- CEUA, sendo registrado com nº P010/2017.

42 Todas as análises foram realizadas na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) do  
43 Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO - FURG) utilizando-  
44 se da estrutura do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) para as  
45 análises morfométricas e de pH e do Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos  
46 Aquáticos (LIPOA) para as análises histológicas.

#### ***Animais utilizados e suas origens***

48 Foram utilizados 20 exemplares de *M. liza*, sendo 5 provenientes da praia do  
49 Cassino, 10 da Lagoa dos Patos e 5 do Laboratório de Piscicultura Marinha da  
50 Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC; Florianópolis – SC).

51 Os animais capturados na praia do Cassino foram imediatamente eutanasiados com  
52 benzocaína (500 mg/L) e transportados até o laboratório em isopor com gelo (temperatura  
53 <4°C) da mesma forma que metade dos provenientes da Lagoa dos Patos. Já os cinco  
54 restantes foram mantidos em sistema de recirculação (RAS) de água por 147 dias.

55 Os exemplares adquiridos da Universidade Federal de Santa Catarina e mantidos  
56 em sistema de recirculação de água até serem transferidos para tanques rede de 1m<sup>3</sup> sitiados  
57 em um canal de abastecimento de uma fazenda de criação de camarões no município de  
58 São José do Norte, onde, após 54 dias, foram eutanasiados e transportados até o laboratório  
59 como descrito para os peixes do cassino.

60 Dessa forma, os animais tiveram as seguintes origens: PC: capturados na Praia do  
61 Cassino; LP: capturados na Lagoa dos Patos; LP-RAS: capturados na lagoa dos patos e

62 cultivadas em sistema de recirculação de água; RAS-TR: mantidos em tanque rede após  
63 um período em sistema de recirculação de água.

64 Os peixes da LP-RAS e RAS-TR foram alimentados duas vezes ao dia com uma  
65 ração comercial de 38% de proteína bruta

#### 66 *Dissecação e aferições*

67 Chegando ao laboratório, os animais foram retirados um a um do gelo, pesados,  
68 medidos (comprimento total; CT) e tiveram seu TGI dissecado através de uma incisão  
69 longitudinal na região ventral. Após o desenovelamento do TGI, o estômago e o intestino  
70 foram separados, sendo que o primeiro foi pesado cheio e vazio (apenas para PC e RAS-  
71 TR) e o segundo foi aferido o comprimento. Em seguida procedeu-se a secção do TGI em  
72 seis partes, quais sejam: cárdia, piloro, cecos pilóricos, intestino proximal, intestino médio  
73 e intestino distal para aferir o pH. Todos os procedimentos de dissecação foram realizados  
74 sobre placas de vidro mantidas sobre bolsas térmicas com material congelado (gelo em  
75 gel).

76 Foram pesados os conteúdos estomacais apenas dos exemplares do PC e RAS-TR.  
77 Os exemplares de origem LP-RAS passaram por um período de 30 h de jejum anterior às  
78 análises, de modo que impossibilitou ter os dados do peso do conteúdo os mesmos.

#### 79 *Morfometria*

80 A partir dos dados de peso (P, g), comprimento total (CT, cm), comprimento do  
81 intestino (CI, cm), peso do estômago (PE, g) e peso do conteúdo estomacal (PCE, g) foram  
82 calculados:

83 Quociente intestinal,  $QI = CI/CT$ ;

84 Índice estomacal,  $IE (\%) = 100 \times PE/P$ ;

85 Índice do conteúdo estomacal,  $ICE (\%) = 100 \times PCE/P$

86

#### 87 *Análise de pH*

88 O pH foi aferido com pHmetro digital (YSI 100) utilizando-se de um eletrodo  
89 Hanna® o qual foi mantido em contato com a superfície interna da porção avaliada até a  
90 estabilização. No intestino as leituras foram realizadas nas extremidades iniciais de cada  
91 porção.

92 Após a aferição do pH, as amostras do TGI (estômago, cecos pilóricos e intestino)  
93 foram, identificadas e emergidas em solução de formaldeído tamponado 20%.

#### 94 *Análises histológicas*

95 As amostras colhidas foram processadas em processador automático (PT05  
96 Lupetec, Brasil), emblocadas em Paraplast®, cortadas em uma espessura de 5µm  
97 (micrótomo MRP03 Lupetec, Brasil) e coradas com ácido periódico de Schiff (PAS) ou  
98 Alcian Blue para a determinação de mucopolissacarídeos neutros e ácidos,  
99 respectivamente. Para análise das células caliciformes foi utilizado o microscópio Axioplan  
100 Zeiss e a avaliação visual de distribuição foram feitas com um aumento de 400×.

101

#### 102 *Análises estatísticas*

103 Os dados foram analisados quanto a sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e  
104 a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Em seguida procedeu-se a análise  
105 de variância (one way ANOVA) e a comparação de médias entre as origens de mesmo peso  
106 pelo teste *t* de Student, exceto para os valores de pH os quais foram comparados, pelo teste  
107 de Tukey sendo que para todos considerou-se o nível de significância de 5%. Além disso,  
108 testes de correlação de Pearson foram realizadas entre algumas variáveis quando julgado  
109 necessário. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SPSS 8.0  
110 for Windows.

111

### **Resultados**

#### 112 *Morfometria*

113 Na Tabela 1 são apresentados os dados morfométricos avaliados nas tainhas das  
114 diferentes origens. Os exemplares provenientes da LP e LP-RAS apresentaram peso e CT  
115 superiores aos demais ( $P < 0,05$ ) e, por isso, as comparações foram realizadas entre os  
116 grupos de peso semelhante. A manutenção dos peixes da LP em sistema de recirculação  
117 (LP-RAS), causou uma redução de 45,2% no IE, 25,4% no CI e 26,7% no QI. Já os valores  
118 de CI e QI dos peixes da PC foram superiores aos dos RAS-TR ( $P < 0,05$ ).

119

120 Tabela 1. Peso, comprimento total (CT), comprimento do intestino (CI), quociente  
 121 intestinal (QI), índice estomacal (IE) e índice do conteúdo estomacal (ICE) de tainhas  
 122 (*Mugil liza*) de diferentes origens.

Origem§	Peso (g)	CT (cm)	IE (%)	ICE (%)	CI (cm)	QI
PC	173,38 ± 54,40	26,03 ± 3,00	2,57 ± 0,30a	0,95 ± 0,17a	109,45 ± 8,84a	4,03 ± 0,39a
RAS-TR	202,00 ± 35,40	27,41 ± 1,51	1,07 ± 0,30b	0,52 ± 0,13b	77,13 ± 7,86b	2,82 ± 0,28b
LP	599,57 ± 91,58	40,69 ± 2,12	2,08 ± 0,32A	-	131,51 ± 22,76A	3,29 ± 0,68A
LP-RAS	692,62 ± 65,00	40,64 ± 1,47	1,14 ± 0,26B	-	98,12 ± 17,30B	2,41 ± 0,38B

123 § PC: Praia do Cassino; LP: Lagoa dos Patos; LP-RAS: Lagoa dos Patos e mantidos por 147 dias em  
 124 sistema de recirculação de água; RAS-TR: Sistema de recirculação de água e mantidos por 54 dias em tanque  
 125 rede. Nota: Colunas com letras minúsculas e maiúsculas indicam comparação dentro das menores e maiores  
 126 faixas de peso, respectivamente, pelo teste *t* de Student. Em todos os casos considerou-se  $P < 0,05$ ; Dados  
 127 apresentados como média ± SD;  $n=5$

128

129 Os indivíduos das diferentes origens entre as duas classes de peso apresentaram  
 130 diferença estatística no IE dos organismos provenientes do ambiente (PC e LP) os quais  
 131 possuíam estômagos com maior peso relativo em comparação aos de criação (LP-RAS e  
 132 RAS-TR) ( $P < 0,05$ ).

133 Os indivíduos capturados na PC apresentaram maior quantidade de alimento no  
 134 estômago (expresso como ICE) em comparação aos do RAS-TR ( $P < 0,05$ ). Além disso, os  
 135 valores de ICE e IE das tainhas dessas origens mostraram correlação positiva ( $r^2=0,82$ ;  
 136  $P=0,013$ ).

### 137 *pH gastrointestinal*

138 A porção da cárdia do estômago dos peixes de origem RAS-TR apresentou-se mais  
 139 ácida que daqueles de PC ( $P < 0,05$ ) enquanto os valores de LP-RAS e LP foram  
 140 intermediários (Tabela 2). Na mesma situação foi verificada na porção pilórica, em RAS-  
 141 TR e PC apresentando as condições mais e menos ácidas respectivamente com LP e LP-  
 142 RAS sendo intermediários.

143 Já o pH da porção pilórica foi mais alto em PC ( $6,61 \pm 0,17$ ) e mais ácido em RAS-  
144 TR ( $4,10 \pm 0,10$ ) ( $P < 0,05$ ; Tabela 2)

145 A partir dos cecos pilóricos (CP) o pH foi semelhante entre as diferentes porções do  
146 intestino quanto entre as diferentes origens ( $P < 0,05$ ), exceto no intestino médio onde os  
147 peixes do RAS-TR apresentaram a maior média em relação a LP-RAS e PC ( $P < 0,05$ ;  
148 Tabela 2).

149

150 Tabela 2. Valores de pH da cárdia, piloro, cecos pilóricos (CP), intestino proximal  
151 (IP), médio (IM) e distal (ID) de tainhas (*Mugil liza*) de diferentes origens.

Origem§	Cárdia	Piloro	CP	IP	IM	ID
PC	$6,02 \pm 0,74a$	$6,61 \pm 0,42a$	$6,53 \pm 0,28$	$6,53 \pm 0,25$	$6,67 \pm 0,19b$	$6,66 \pm 0,28$
RAS-TR	$4,56 \pm 0,19b$	$4,10 \pm 0,22c$	$6,83 \pm 0,10$	$6,92 \pm 0,03$	$7,01 \pm 0,08a$	$7,08 \pm 0,06$
LP	$5,57 \pm 0,81ab$	$5,10 \pm 0,06bc$	$6,78 \pm 0,20$	$6,83 \pm 0,11$	$6,78 \pm 0,07ab$	$6,65 \pm 0,64$
LP-RAS	$5,53 \pm 0,20ab$	$5,57 \pm 0,68ab$	$6,37 \pm 0,51$	$6,79 \pm 0,21$	$6,70 \pm 0,14b$	$6,92 \pm 0,24$

152 § PC: Praia do Cassino; LP: Lagoa dos Patos; LP-RAS: Lagoa dos Patos e mantidos por 147 dias em  
153 sistema de recirculação de água; RAS-TR: Sistema de recirculação de água e mantidos por 54 dias em tanque  
154 rede.

155 Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística pelo teste de Tukey em nível de  
156  $P < 0,05$ ; Dados apresentados como média  $\pm$  SD;  $n=5$ .

## 157 **Histologia**

158 O estômago da *M. liza* posiciona-se na cavidade abdominal com a porção cárdica  
159 voltada para a região caudal e a pilórica para a cranial (Figura 1). Dois CP com diferenças  
160 merísticas estão localizados entre o final da porção pilórica estomacal e o início do intestino  
161 proximal, de modo que há uma área de comunicação comum entre CP, IP e piloro. O  
162 intestino é enovelado (Figura 1) e se afunila à medida que se discorre para a parte distal,  
163 com uma redução gradativa no diâmetro.

164 Os cecos são formados por uma parede muscular fina com uma camada muscular  
165 externa longitudinal e uma camada muscular circular interna. A mucosa é



166 altamente pregueada, com epitélio constituído de células colunares e uma grande  
167 distribuição de células caliciformes (Figura 2).

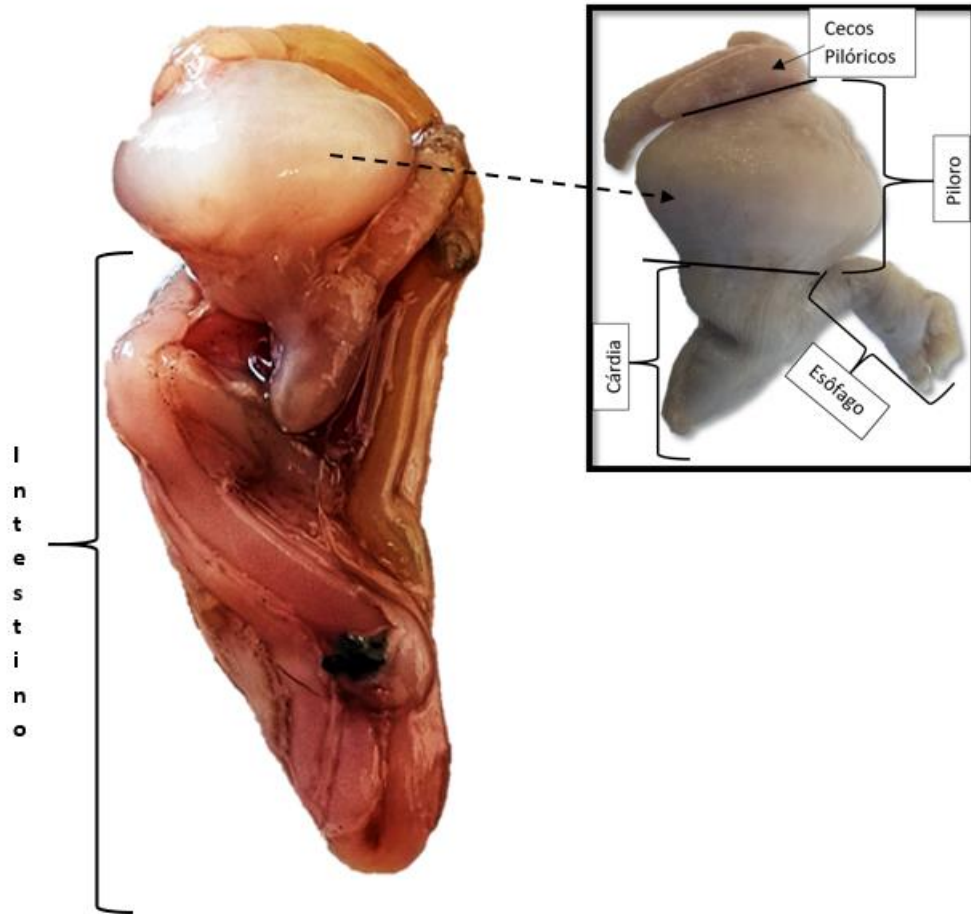
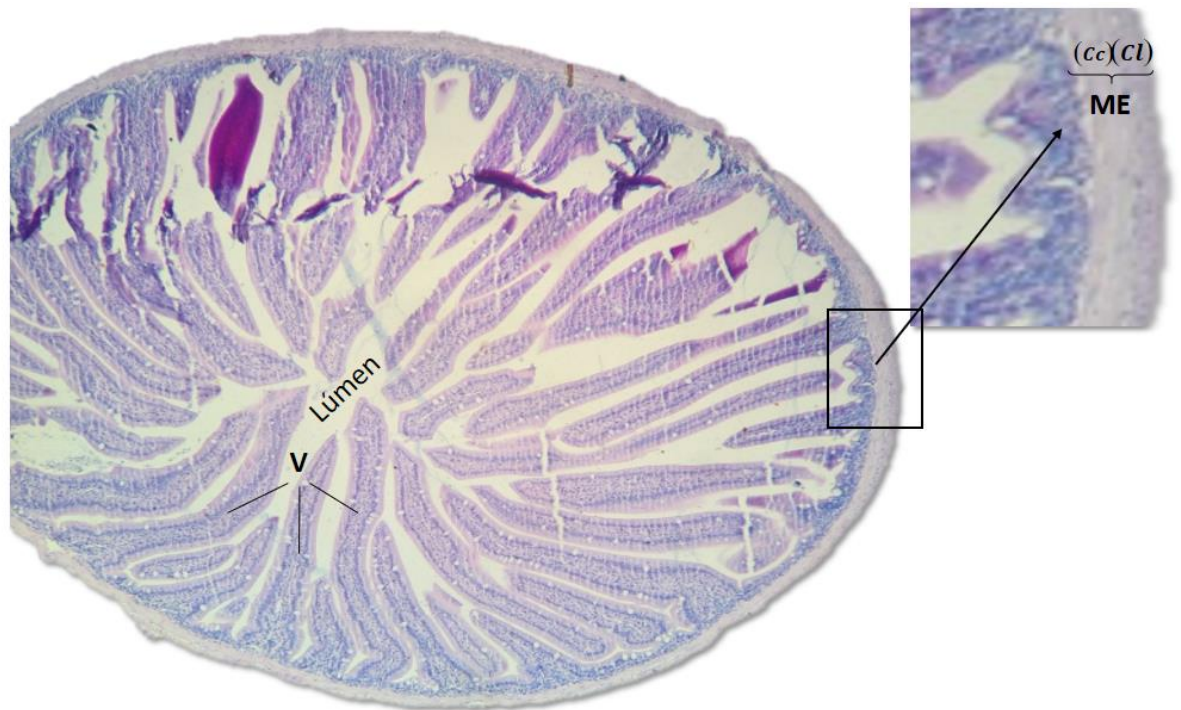


Figura 1 – Trato digestório da *M. liza* sem o baço e o fígado para melhor visualização do estômago e cecos.



168



169

170

171

172

173

Fig. 2 Cecos pilóricos corados com P.A.S (A) em corte transversal com aumento de 40, V= vilosidades; ME = muscular externa; Cc= camada circular (interna da muscular externa); Cl = camada longitudinal (externa) da muscular externa; e (B) corte longitudinal com aumento de 400x; A seta está indicando um *villus*; \* = células caliciformes; ponta da seta = enterócitos.

174

175

Através de uma análise subjetiva, o ID apresentou mais células caliciformes que os CP, seguidos pelo IP e IM (Tabela 3).

176 Tabela 3. Distribuição de células caliciformes nas porções dos cecos pilóricos (CP),  
 177 intestino proximal (IP), médio (IM) e distal (ID) de tainhas (*Mugil liza*) de diferentes  
 178 origens.

Origem§	CP	IP	IM	ID
PC	++	+	+	+++
RAS-TR	++	+	+	+++
LP	++	+	+	+++
LP-RAS	++	+	+	+++

179 § PC: Praia do Cassino; LP: Lagoa dos Patos; LP-RAS: Lagoa dos Patos e mantidos por 147 dias em sistema  
 180 de recirculação de água; RAS-TR: Sistema de recirculação de água e mantidos por 54 dias em tanque rede.

181 Legenda: + = Pouco; ++ = Intermediário; +++ = Muito.

182

183

### Discussão

184 As análises morfológicas do trato digestivo são essenciais para a compreensão da  
 185 biologia das espécies, da fisiologia e para a criação de peixes, conforme observado em  
 186 outros estudos como Buddington et al. (1986), Galvão et al. (1997) e Olsson (2011).

187 A cavidade oral da *M. liza* é revestida por um epitélio estratificado com abundantes  
 188 células mucosas, e pregas complexas e ramificadas no esôfago (Galvão et al., 1997). Já o  
 189 estômago da *M. liza* é dividido em duas porções com funções digestivas (Galvão et al.,  
 190 1997) e que, embora não se tenha estudos específicos, possivelmente atue na absorção de  
 191 alguns nutrientes como relatado para outras espécies de peixes (Bakke et al. 2011).

192 A porção cárdica realiza a digestão química com a produção de ácido clorídrico e  
 193 pepsinogênio, desnaturando proteínas e facilitando o rompimento das estruturas celulares  
 194 na porção pilórica (moela) através da contração da espessa musculatura lisa, o que causa  
 195 desgaste das partículas µm do alimento quando misturado com areia (Cardona, 2016;  
 196 Galvão et al., 1997).

197 É notório que, embora o material orgânico e energia se concentrem nas menores  
 198 frações do detrito (Cardona, 2016) e os Mugilídeos consigam selecionar partículas tão finas  
 199 quanto 50 micras (Blay, 1995; Stephen & Blaber, 1976), ainda assim ingerem areia,

200 formando juntamente com detrito o componente principal da dieta (Oliveira e Soares  
201 1996).

202 Além da maceração do substrato presente no piloro supõe-se que a areia colabore com  
203 a digestão dos componentes presentes no intestino, pois a distensão da musculatura do  
204 estômago ocasiona um aumento no fluxo sanguíneo intestinal (Seth et al, 2009)  
205 desencadeando a liberação de enzimas digestivas (Santigosa et al., 2008).

206 Adicionalmente, é provável que a areia aumente o contato das enzimas com o substrato  
207 por evitar a agregação das finas partículas orgânicas e promover contrações da musculatura  
208 do estômago e intestino devido ao estímulo causado nas fibras nervosas sensoriais da  
209 mucosa (Olsson et al., 2001). Possivelmente, devido a essas interações positivas do TGI  
210 das tainhas com a areia, que 100% dos indivíduos maiores que 2 cm a ingerem (Eggold et  
211 al., 1992).

212 Os peixes capturados no presente estudo apresentavam areia ao longo de todo o TGI,  
213 com exceção dos cecos pilóricos, concordando com o relatado por Payne (1978) em quatro  
214 Mugilídeos do Leste da África.

215 Da mesma forma, o valor de ICE dos peixes do ambiente foram similares aos relatados  
216 por Dankwa et al. (2005) que encontraram valores máximos em torno de 0,8% para a *M.*  
217 *curema* e *M. bananensis*. Possivelmente, devido aos constantes estímulos de distensão e  
218 contração muscular causados pela areia que os valores de IE e ICE foram maiores nos  
219 peixes do ambiente. No entanto, devido à densidade e qualidade nutricional da ração  
220 utilizada, o valor de 0,52% de ICE dos peixes de cativeiro não seria um fator limitante para  
221 o crescimento se tomados os devidos cuidados quanto à frequência alimentar.

222 Considerando que o uso de alimentos com grânulos maiores é uma estratégia adotada  
223 para frangos de corte, para aumentar o peso da moela e melhorar a conversão alimentar  
224 (Truong et al., 2017), torna-se interessante a disponibilização de areia às tainhas,  
225 assumindo que ela é responsável pelo o aumento da moela, a qual é comercializável.

226 Embora com capacidade limitada na *M. liza*, o estômago serve como reservatório e um  
227 importante local de degradação do alimento, auxiliado pela liberação de ácido e enzimas  
228 (OLSSON, 2011). O pH do estômago dos Mugilídeos no ambiente varia entre as espécies  
229 sendo considerado alcalino para *Liza dumerili* por situar-se em torno de 8,0 e o oposto para  
230 *Liza falcipinnis* próximo de 4,0 (Payne, 1978) e 6,6 para *Rhinomugil corsula* (Gupta, 1981)  
231 sendo as duas últimas espécies próximas aos valores encontrados no presente estudo, os

232 quais variaram de 4,56 a 6,02 para as tainhas criadas em tanque rede e capturadas na praia  
233 do Cassino, respectivamente.

234 Alterações no pH estomacal dos peixes podem ocorrer devido ao nível proteico da  
235 dieta (Fracalossi e Cyrino 2012). Palanisamy (1989) verificou que em *Liza parsia* a  
236 pepsina aumentava sua atividade após serem alimentadas e que os peixes que consumiram  
237 uma ração mais proteica tiveram uma maior produção de enzimas proteolítica. Todavia,  
238 dependendo do volume de alimento consumido, o suco gástrico pode ser diluído,  
239 conduzindo a uma menor condição digestiva ácida (Segovia-Quintero et al, 2004). Assim,  
240 supõe-se que as diferenças no pH estomacal ocorreram devido ao alimento mais  
241 concentrado, uma vez que as tainhas mantidas em RAS-TR ingeriram ração horas antes de  
242 serem coletadas. No entanto, as tainhas provenientes do LP-RAS passaram por um período  
243 de jejum anterior às análises, motivo pelo qual apresentaram valores semelhantes às do  
244 ambiente (PC e LP). Apesar da menor condição ácida do estômago comum aos Mugilídeos,  
245 o processo de trituração na moela é relatado ser igualmente eficiente (Wilson et al., 2011).

246 Como o piloro não produz suco gástrico (Galvão et al., 1997), seu pH é diretamente  
247 influenciado pelo alimento que chega da cárdia, o que foi demonstrado pela correlação  
248 positiva entre o pH das duas regiões ( $P < 0,001$ ;  $r^2 = 0,82$ ).

249 Nos Mugilídeos o número de CP é uma característica para a identificação a nível de  
250 gênero (Cardona, 2016), sendo um órgão que possui as mesmas funções do intestino,  
251 inclusive com atividade enzimática (Trellu et al., 1978; Guizani et al., 1991) e com  
252 capacidade de aumentar a superfície de absorção (Rahimulla et al., 1944; Eggold et al.,  
253 1992; Drake et al., 1984). Diferentemente da tainha australiana (*V. georgii*) que apresenta  
254 um grande número de cecos distribuídos na porção inicial do intestino (Thomson, 1954),  
255 na *M. liza* são encontrados apenas dois CP com diferenças merísticas (Figura 1) e mucosa  
256 altamente pregueada (Figura 2), apresentando uma região comum entre eles, o esfíncter  
257 pilórico e o IP.

258 A literatura refere-se aos cecos pilóricos como uma estrutura morfológica adicional  
259 para aumentarem sua área de absorção, principalmente em carnívoros já que seus intestinos  
260 são curtos (Wilson et al., 2010; Olsson, 2011; Fracalossi et al., 2012; Dabrowski et al.,  
261 2005). Nesse sentido pode-se dizer subjetivamente que, nos Mugilídeos, o número de cecos  
262 diminui à medida que o intestino se prolonga, com uma estrita relação com proporção de  
263 matéria orgânica e inorgânica da dieta (Tabela 4) .

264

265 Tabela 4. Número de cecos pilóricos, presença de areia no trato, quociente intestinal (QI) e os tipos  
 266 de alimento predominante em juvenis de diferentes espécies de mugilídeos de ambiente.

Espécie	Nº de cecos	QI	Presença de areia no trato	Alimento predominante	Referências
<i>Mugil liza</i>	2¶	3,3 – 4,0¶	+++	Diatomáceas e detritos	Roselet, 2005
<i>Mugil cephalus</i>	2	3,2 – 4,6	+++	Diatomáceas e detritos	Eggold et al., 1992
<i>Liza ramada</i>	7-8	2,9 -3,4	++	Detritos, microfitobentos e meiofauna*	Cardona, 2016
<i>Paramugil georgii</i>	22	-	+	Copépodes, algas filamentosas e diatomáceas	Thomson, 1954

267 Nota: + = Pouco; ++ = Regular; +++ = Muito. ¶ - Presente estudo. \* (ostracodes, copépodes,  
 268 nematóides).

269

270 No presente estudo, o pH dos CP e do IP de todos os peixes foi similar, independente  
 271 da origem. Payne (1978) encontrou a mesma situação com a *Liza falcipinnis* e sugeriu que  
 272 o conteúdo dos CP não é proveniente diretamente do estômago, mas do refluxo do IP. O  
 273 autor ainda acrescenta que, pelo fato de raramente encontrar areia nos CP, isso seria um  
 274 mecanismo para separar a fração grosseira das finas partículas orgânicas da digesta.

275 De maneira geral, o pH das diferentes porções do intestino não apresentou diferença  
 276 nem entre os indivíduos dos diferentes ambientes (com exceção do IM), apesar das  
 277 diferenças no estômago, confirmando a necessidade manter um ambiente adequado à ação  
 278 enzimática e absorção (Krogdahl et al., 2011).

279 Considerando que a neutralização do quimo ocorre na porção inicial do intestino, o  
 280 qual é conduzido até o ânus (Olsson et al., 2001; Bakke et al., 2011), o pH mais elevado  
 281 encontrado no IM das tainhas do RAS-TR pode ser devido à maior liberação de bicarbonato  
 282 em consequência da maior acidez na porção pilórica do estômago ( $P=0,08$ ;  $r^2= -0,39$ ).

283 Os CP juntamente com o IP são responsáveis pela absorção da maior parte dos  
 284 nutrientes do alimento, seguidos pelo IM e ID (Nordrum et al., 2000). Nas porções iniciais

285 ocorre a absorção, principalmente de aminoácidos, monossacarídeos e ácidos graxos via  
286 difusão, transporte facilitado e transporte dependente de Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup> ou H<sup>+</sup> enquanto no  
287 ID ocorre a absorção de macromoléculas via pinocitose (Bakke et al., 2011; Baldisserotto,  
288 2013).

289 O CI dos peixes é bastante variável entre as diferentes espécies e em menor grau entre  
290 indivíduos da mesma espécie com tamanho semelhante (Baldisserotto, 2013). Essa  
291 variação foi observada na pesquisa de Roselet (2005) com a *M. liza* que apresentou QI  
292 entre 1,6 e 3,1. No presente estudo comparando as tainhas de mesmo tamanho (PC×RAS-  
293 TR e LP×LP-RAS), verificou-se que as capturadas no ambiente apresentavam o CI e QI  
294 maior que as de criação. Além disso, ficou demonstrado através dos peixes das origens LP  
295 e LP-RAS que a mudança de ambiente e, conseqüentemente, de alimento causou essas  
296 mudanças na morfometria do TGI.

297 As teorias em torno dessas mudanças discorrem a respeito da presença de material  
298 indigestível na dieta, as vantagens nutricionais e energéticas com a maior ou menor  
299 permanência do alimento no TGI (German, 2011) ou ainda sobre o tecido intestinal servir  
300 de reserva proteica quando em situação de jejum ou de balanço energético negativo  
301 (Krogdahl et al., 2005). No entanto, não há esclarecimentos se os estímulos de “up” e  
302 “down-regulation” partem do próprio epitélio intestinal, do sistema nervoso central ou de  
303 ambos.

304 Olsson et al. (2007) verificaram que, em cerca de 2 meses, o fornecimento de uma  
305 dieta menos digestível (quironomídeos congelados) causou um aumento no CI dos juvenis  
306 de perca (*Perca fluviatilis*) quando comparado ao fornecimento de artêmia (mais  
307 digestível), mas sem afetar o crescimento. Por outro lado, German et al. (2010) relataram  
308 que cascudos (*Pterygoplichthys disjunctivus*) alimentados com serragem por 5 meses  
309 perderam mais peso que aqueles em jejum por igual período e, ao invés de aumentar o TGI  
310 pela baixa digestibilidade do alimento, este diminuiu. No primeiro estudo os autores  
311 relataram ser uma adaptação para melhorar o aproveitamento do alimento e no segundo  
312 uma questão de conservação de energia em vista da crônica baixa qualidade da dieta.

313 Uma teoria que pode explicar mais precisamente essas alterações no CI é o fato de que  
314 os enterócitos, possivelmente, se utilizam de parte dos nutrientes que atravessam seu citosol  
315 em direção à corrente sanguínea, desencadeando estímulos internos para a maior ou menor  
316 multiplicação celular dependendo da permanência do fluxo.

317 Nesse contexto vale salientar que o intestino consome 20% da energia metabolizável  
318 adquirida (Cant et al., 1996) e que o transporte íon-dependente utiliza ATP para a  
319 manutenção do gradiente iônico (Baldisserotto, 2013), configurando as células das porções  
320 iniciais e média do intestino como mais exigentes. Já o ID colabora pouco com a absorção  
321 porque uma pequena quantidade de nutrientes chega nessa região, uma vez que cerca de  
322 75% é absorvido nas porções anteriores (Nordrum et al., 2000), embora a pinocitose não  
323 gaste energia (Baldisserotto, 2013).

324 Com base nessas informações pode-se dizer que o intestino é tão longo quanto a  
325 quantidade de nutrientes que chega ao final da porção distal seja suficiente para, pelo  
326 menos, manter as células. Em outras palavras, o aumento da quantidade de nutrientes que  
327 chega ao ID estimula a proliferação dos enterócitos dessa região e, conseqüentemente, de  
328 todas as anteriores por onde passou, alongando o intestino a partir do momento em que o  
329 máximo desenvolvimento das vilosidades tiver ocorrido. No entanto, para isso acontecer,  
330 o alimento ingerido deve ser de lenta digestão (e não indigestível).

331 Portanto, as tainhas de criação apresentaram um menor CI e QI devido a grande  
332 maioria dos componentes da ração fornecida apresentarem uma digestão mais rápida,  
333 faltando para as porções mais distais.

334 Considerando que os CP, IP e IM ao absorver o máximo de nutrientes, impedem que  
335 uma grande quantidade de nutrientes livres alcance a porção distal e que os mesmos são  
336 utilizados como substrato para as bactérias ou então excretados, sugere-se que as diferenças  
337 morfológicas dos Mugilídeos estejam relacionadas à proporção e frequência da ingestão de  
338 componentes de rápida e lenta digestão.

339 O conteúdo presente no ID é repleto de íons não absorvidos (Baldisserotto, 2013),  
340 material não digerido e indigestível (Krogdahl et al., 2011), os quais servem de substrato  
341 para bactérias (Jutfelt, 2011). Nesse ambiente rico em bactérias, destacam-se as células  
342 caliciformes, as quais produzem muco que atua na proteção dos enterócitos (Mccauley et  
343 al., 2015).

344 Pouco é conhecido sobre a relação das células caliciformes com a dieta em peixes, mas  
345 já se sabe que sofrem estímulos externos para produção e liberação de mucinas (Díaz et al.,  
346 2008). Van der Marel et al. (2014) ao substituir a proteína animal por proteína de soja em  
347 *Cyprinus carpio* verificou que ocorrem alterações na produção e composição das mucinas,



348 principalmente na porção inicial do intestino, que ocasionou inflamações nos enterócitos e  
349 o crescimento da comunidade bacteriana.

350 As mucinas exercem um importante papel na manutenção do tecido, com função  
351 antimicrobiana na mucosa epitelial, especialmente na região distal (Inami et al., 2009).  
352 Além disso, facilita o transporte das macromoléculas através da membrana (Díaz et al.,  
353 2008), protege e lubrifica o epitélio (McCauley et al., 2015), julgando-se altamente  
354 necessárias para a *M. liza* as duas últimas funções, pelo fato de ocorrer um afunilamento  
355 ao longo de seu trato e pela elevada ingestão componentes abrasivos.

356 Nas áreas de absorção dos nutrientes observam-se mais mucinas sulfatadas, as quais  
357 absorvem mais água, devido às propriedades particulares, promovendo uma melhor  
358 eficiência no processo (Leknes, 2011). Assim, admitindo que os CP são áreas para  
359 aumentar a absorção e que retém na sua maioria partículas selecionadas, sugere-se que a  
360 maior concentração de células caliciformes nessa região em relação à porção proximal e  
361 média seja pelo fato de conter uma maior concentração de nutrientes.

362 Assim, a heterogeneidade na distribuição das células caliciformes mostra as diferentes  
363 funções desempenhadas pelas diferentes mucinas ao longo do TGI.

364

### **Conclusões**

365 Conclui-se que o alimento disponível causa alterações morfofisiológicas no trato  
366 gastrointestinal da *Mugil liza*, diminuindo o peso do estômago e o comprimento do  
367 intestino quando sua dieta é baseada em alimentos de mais fácil digestão. O consumo de  
368 ração deixa o pH do estômago mais ácido, no entanto, nos cecos pilóricos e no intestino o  
369 pH não é alterado pela dieta. Além disso, os cecos pilóricos têm estruturas histológicas  
370 similares ao intestino proximal, porém com maior número de células caliciformes.  
371 Finalmente, as células caliciformes são mais abundantes na porção distal do trato,  
372 conferindo uma função protetora e lubrificante.

## Referências bibliográficas

373

374 Bakke, A. M.; Glover, C.; Krogdahl, Å., 2011: Feeding, digestion and absorption of  
375 nutrients. In: Grosell, M., A. P. Farrell & C. J. Brauner (eds.), *The Multifunctional Gut of*  
376 *Fish*. Academic Press, pp. 57–110

377 Baldisserotto, B., 2013: *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura* 3rd edn. UFSM, Santa  
378 Maria

379 Barletta, M.; Dantas, D. V., 2016: Biogeography and Distribution of Mugilidae in the  
380 Americas

381 Blay, J., 1995: Food and feeding habits of four species of juvenile mullet (Mugilidae) in a  
382 tidal lagoon in Ghana. *Journal of Fish Biology.*, **46**, 134–141

383 Cant, J. P.; McBride, B. W.; Croom, W. J., 1996: The regulation of intestinal metabolism  
384 and its impact on whole animal energetics. *Journal of Animal Science.*, **74**, 2541–2553

385 Cardona, L., 2016: Food and Feeding of Mugilidae. *Biology, Ecology and Culture of Grey*  
386 *Mulletts (Mugilidae)*. Taylor and Francis Group, pp. 165–195

387 Conrad, J. L.; Weinersmith, K. L.; Brodin, T.; Saltz, J. B.; Sih, A., 2011: Behavioural  
388 syndromes in fishes: A review with implications for ecology and fisheries management.  
389 *Journal of Fish Biology.*, **78**, 395–435

390 Dankwa, H. R.; Blay Jr, J.; Yankson, K., 2005: Food and feeding habits of grey mullets  
391 (Pisces: Mugilidae) in two estuaries in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology.*,  
392 **8**, 1–13

393 Díaz, A. O.; García, A. M.; Goldemberg, A. L., 2008: Glycoconjugates in the mucosa of  
394 the digestive tract of *Cynoscion guatucupa*: A histochemical study. *Acta Histochemica.*,  
395 **110**, 76–85

396 Drake, P.; Arias, A. M., 1984: Biología de los Múgildeos (Osteichthyes, Mugilidae) en los  
397 esteros de las alinas de San Fernando (Cádiz). III. Hábitos alimentarios y su relación con  
398 la morfometría del aparato digestivo. *Investigacion Pesquera.*, **48**, 337–367

399 Eggold, B. T.; Motta, P. J., 1992: Ontogenetic dietary shifts and morphological correlates  
400 in striped mullet, *Mugil cephalus*. *Environmental Biology of Fishes.*, **34**, 139–158

401 Fracalossi, D. M., Cyrino, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de  
402 interesse para aquicultura brasileira. Florianópolis, SC, 2012.

403 Galvão, M. S. N.; Fenerich-Verani, N.; Yamanaka, N.; Oliveira, I. R., 1997: Histologia do  
404 sistema digestivo da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae)  
405 durante as fases larval e juvenil. *Boletim do Instituto de Pesca.*, **24**, 91–100

406 Gaylord, T. G.; Barrows, F. T.; Rawles, S. D., 2008: Apparent digestibility of gross  
407 nutrients from feedstuffs in extruded feeds for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*.  
408 *Journal of the World Aquaculture Society.*, **39**, 827–834

409 German, D. P.; Neuberger, D. T.; Callahan, M. N.; Lizardo, N. R.; Evans, D. H., 2010:  
410 Feast to famine: The effects of food quality and quantity on the gut structure and function

- 411 of a detritivorous catfish (Teleostei: Loricariidae). *Comparative Biochemistry and*  
412 *Physiology, Part A.*, **155**, 281–293
- 413 German, D. P., 2011: Digestive efficiency. *Encyclopedia of Fish Physiology: From*  
414 *Genome to Environment*. Elsevier Inc., Vol. 3pp. 1596–1607
- 415 Guizani, N.; Rolle, R. S.; Marshall, M. R.; Wei, C. I., 1991: Isolation, purification and  
416 characterization of trypsin from the pyloric ceca of mullet (*Mugil cephalus*). *Comparative*  
417 *Biochemistry and Physiology - B.*, **98**, 517–521
- 418 Gupta, S. B. C., 1981: Food and Feeding Habits and Physiology of Digestion in. Certain  
419 Riverine Teleosts. *Proceedings of the Indian National Science Academy.*, **6**, 837–844
- 420 Inami, M.; Taverne-Thiele, A. J.; Schröder, M. B.; Kiron, V.; Rombout, J. H. W. M., 2009:  
421 Immunological differences in intestine and rectum of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Fish*  
422 *& Shellfish Immunology.*, **26**, 751–759
- 423 Jutfelt, F., 2011: Barrier Function of the Gut. In: Farrel, A. P. (ed.), *Encyclopedia of Fish*  
424 *Physiology: From Genome to Environment*. Elsevier, New York, Vol. 2pp. 1322–1331
- 425 Krogdahl, Å.; Bakke-Mckellep, A. M., 2005: Fasting and refeeding cause rapid changes in  
426 intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.).  
427 *Comparative Biochemistry and Physiology - A.*, **141**, 450–460
- 428 Krogdahl, Å.; Sundby, A.; Bakke, A. M., 2011: Gut secretion and digestion. In: Farrel, A.  
429 P. (ed.), *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. Elsevier, New  
430 York, Vol. 2pp. 1301–1310
- 431 Lemos, V. M.; Jr, A. S. V.; Schwingel, P. R.; Muelbert, J. H., 2014: Migration and  
432 reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. *Journal of Fish*  
433 *Biology.*, **85**, 671–687
- 434 McCauley, H. A.; Guasch, G., 2015: Three cheers for the goblet cell: maintaining  
435 homeostasis in mucosal epithelia. *Trends in Molecular Medicine.*, **21**, 492–503
- 436 Menezes, N. A.; Nirchio, M.; Oliveira, C.; Siccharamirez, R., 2015: Taxonomic review of  
437 the species of *Mugil* (Teleostei: Perciformes: Mugilidae) from the Atlantic South  
438 Caribbean and South America, with integration of morphological, cytogenetic and  
439 molecular data. *Zootaxa.*, **3918**, 1–38
- 440 Nordrum, S.; Krogdahl, Å.; Røsjø, C.; Olli, J. J.; Holm, H., 2000: Effects of methionine,  
441 cysteine and medium chain triglycerides on nutrient digestibility, absorption of amino acids  
442 along the intestinal tract and nutrient retention in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under  
443 pair-feeding regime. *Aquaculture.*, **186**, 341–360
- 444 Okamoto, M. H.; Sampaio, L. A.; Maçada, A. P., 2006: Efeito da temperatura sobre o  
445 crescimento e a sobrevivência de juvenis da tainha *Mugil platanus* günther , 1880.  
446 *Atlântica.*, **28**, 61–66
- 447 Olsson, C.; Holmgren, S., 2001: The control of gut motility. *Comparative Biochemistry*  
448 *and Physiology - A.*, **128**, 481–503

- 449 Olsson, J.; Quevedo, M.; Colson, C.; Svanbäck, R., 2007: Gut length plasticity in perch:  
450 into the bowels of resource polymorphisms. *Biological Journal of the Linnean Society*, **90**,  
451 517–523
- 452 Payne, A. I., 1978: Gut pH and digestive strategies in estuarine grey mullet (Mugilidae)  
453 and tilapia (Cichlidae). *Journal of Fish Biology.*, **13**, 627–629
- 454 Petkam, R.; Moodie, G. E. E., 2001: Food particle size, feeding frequency, and the use of  
455 prepared food to culture larval walking catfish (*Clarias macrocephalus*). *Aquaculture*, **194**,  
456 349–362
- 457 Rahimulla, R., OSMANIA, F. Z. S. A comparative study of the morphology, histology an  
458 probable functions of the pyloric caeca in indian fishes, together with a discussion on  
459 their homology. *Fisheries OJficer*, p. 1–41, 1944.
- 460 Roselet, F. F. G., 2005: *Considerações ecológicas sobre o habito alimentar iliógago dos*  
461 *juvenis da tainha Mugil platanus Günther, 1880 no estuário da lagoa dos patos e região*  
462 *costeira adjacente, RS - Brasil*. Fundação Universidade Federal do Rio Grande
- 463 Sampaio, L.; Wasielesky, W. J.; Miranda-Filho; KC, 2002: Effect of salinity on acute  
464 toxicity of ammonia and nitrite to juvenile Mugil platanus. *Bulletin of Environmental*  
465 *Contamination and Toxicology.*, **68**, 668–674
- 466 Santigosa, E.; Sánchez, J.; Médale, F.; Kaushik, S.; Pérez-Sánchez, J.; Gallardo, M. A.,  
467 2008: Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream  
468 (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources.  
469 *Aquaculture*, **282**, 68–74
- 470 Segovia-Quintero, M. a.; Reigh, R. C., 2004: Coating crystalline methionine with  
471 tripalmitin-polyvinyl alcohol slows its absorption in the intestine of Nile tilapia,  
472 *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, **238**, 355–367
- 473 Seth, H.; Sandblom, E.; Holmgren, S.; Axelsson, M., 2008: Effects of gastric distension on  
474 the cardiovascular system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *American Journal of*  
475 *Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, **294**, 1648–1656
- 476 Stephen, J. M.; Blaber, F. L. S., 1976: The food and feeding ecology of Mugilidae in the  
477 St. Lucia lake system. *Biological Journal of the Linnean Society*, **8**, 267–277
- 478 Thomson, B. J. M., 1954: The organs of feeding and the food of some Australian mullet.  
479 *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, **5**, 469–485
- 480 Trellu, J., Albertini-Berhaut, J. Caractérisation de Quelques Activités Enzymatiques  
481 Digestives chez Mugil capito en Relation avec la Taille. *Biochemical Sysrematics and*  
482 *Ecology*, v. 6, p. 255–259, 1978
- 483 Webb, K. A.; Rawlinson, L. T.; Holt, G. J., 2010: Effects of dietary starches and the protein  
484 to energy ratio on growth and feed efficiency of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*.  
485 *Aquaculture Nutrition*, **16**, 447–456
- 486 Whitfield, A. K., 2016: Ecological Role of Mugilidae in the Coastal Zone. In: Crosetti, D.  
487 & S. Blaber (eds.), *Biology, Ecology and Culture of Grey Mulletts (Mugilidae)*. CRC Press,  
488 pp. 324–348

489 Wilson, J. M.; Castro, L. F. C., 2011: Morphological diversity of the gastrointestinal tract  
490 in fishes. In: Grosell, M., A. P. Farrell & C. J. Brauner (eds.), *The Multifunctional Gut of*  
491 *Fish*. First Edit. Elsevier, Vol. 30pp. 1–55